

Martin Püttschneider

**Die Rolle des Animismus bei der Vermittlung  
chemischer Sachverhalte**  
- eine Interventionsstudie am *teutolab*  
der Universität Bielefeld -



Cuvillier Verlag Göttingen

# Die Rolle des Animismus bei der Vermittlung chemischer Sachverhalte

- eine Interventionsstudie am *teutolab*  
der Universität Bielefeld –

Dissertation

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

vorgelegt von

**Martin Pütttschneider**

Mai 2005

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

### **Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek**

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

1. Aufl. - Göttingen : Cuvillier, 2005  
Zugl.: Bielefeld, Univ., Diss., 2005  
ISBN 3-86537-545-6

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2005  
Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen  
Telefon: 0551-54724-0  
Telefax: 0551-54724-21  
[www.cuvillier.de](http://www.cuvillier.de)

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

1. Auflage, 2005  
Gedruckt auf säurefreiem Papier

ISBN 3-86537-545-6

*„Was wir Natur nennen, ist ein Gedicht, das in  
geheimer wunderbarer Schrift verschlossen liegt.“*  
(Schelling)

*„Der Raum der Analogien ist im Grunde ein Raum der  
Strahlungen. Von allen Seiten wird der Mensch davon  
betroffen, aber dieser gleiche Mensch vermittelt umge-  
kehrt die Ähnlichkeiten, die er von der Welt erhält. Er ist  
der große Herd der Proportionen, das Zentrum, auf das  
die Beziehungen sich stützen und von dem sie erneut  
reflektiert werden.“*  
(Foucault)



## Danksagung

Die vorliegende Arbeit wurde in der Zeit von Oktober 2001 bis Mai 2005 in der Arbeitsgruppe Physikalische Chemie I der Universität Bielefeld unter der Leitung von Frau Prof. Dr. Kohse-Höinghaus in enger Kooperation mit der Arbeitsgruppe Didaktik der Chemie I der Universität Bielefeld unter der Leitung von Frau Prof. Dr. Gisela Lück angefertigt.

Frau Prof. Dr. Kohse-Höinghaus danke ich für die Möglichkeit, diese Arbeit im Rahmen des *teutolabs* durchführen zu dürfen, ihre vielfältigen und intensiven Anregungen, ihr immer währendes Interesse am Fortschritt der Arbeit sowie das freundliche und immer von Respekt geprägte Arbeitsklima.

Frau Prof. Dr. Gisela Lück danke ich für die Bereitstellung des interessanten Themas, ihre fachwissenschaftliche Betreuung, intensive und anregende fachwissenschaftliche Diskussionen sowie für die vertrauensvolle Offenheit, die sie mir beim Erstellen dieser Arbeit entgegen gebracht hat.

Dem Bundesministerium für Bildung und Forschung danke ich für die finanzielle Unterstützung, die mir die Durchführung dieser Arbeit ermöglicht hat.

Besonders bedanken möchte ich mich bei allen Mitarbeitern der Arbeitsgruppen für die immer freundliche und unkomplizierte Zusammenarbeit. Ausdrücklich danken möchte ich Dr. Hendrik Förster und Dr. Edgar Fischer Rivera für zahlreiche hilfreiche Anregungen und fachwissenschaftliche Diskussionen, die weit über den universitären Rahmen hinaus reichten.

Meinem Kollegen Alexander Brandt danke ich für das immer sehr gute Arbeitsklima sowie für unzählige ungewöhnliche Impulse, die meine Arbeit positiv beeinflusst haben.

Großer Dank gilt auch allen beteiligten Lehrerinnen und Lehrern, Hilfskräften und sonstigen Mitarbeitern des *teutolabs* sowie im Besonderen Nicole Bellaire, Ann Christin Halt, Christine Meyer, Martina Heuermann und Holger Jenett, die mir in den unterschiedlichen Phasen dieser Arbeit ohne Zögern und immer hilfsbereit zur Seite standen.

Mein besonderer Dank gilt meiner Familie und Cornelia, die immer an mich geglaubt haben, mir jegliche Unterstützung zukommen ließen, in schwierigen Phasen allzeit unterstützend waren und durch ihre Geduld, ihren Humor und ihren aufmunternden Zuspruch wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Vielen lieben Dank für alles.



1. Einleitung .....	3
2. Theorie.....	9
2.1 Bildungspolitische Relevanz der vorliegenden Untersuchung.....	9
2.2 Animismus als didaktisches Mittel.....	18
2.2.1 Der kindliche Animismus nach Jean Piaget.....	18
2.2.2 Animismus bei der Vermittlung naturwissenschaftlicher Phänomene .....	22
2.2.3 Kategorisierung der Animismen .....	23
2.2.3.1 Sprachliche Animismen.....	23
2.2.3.2 Bildliche Animismen.....	26
2.3 Animistische Vermittlung im fachdidaktischen Diskurs.....	30
2.3.1 Der philosophische Diskurs über eine angemessene Sprache in den Naturwissenschaften .....	35
2.3.2 Die kognitionspsychologische Diskussion.....	51
2.3.3 Exkurs: Diskussion zu geschlechtsspezifischen Unterschieden kognitiver Leistungen.....	55
2.4 Legitimation der Verwendung von Animismen im naturwissenschaftlichen Vermittlungsprozess .....	58
2.4.1 Legitimation einer animistischen Vermittlung aus metaphorologischer Sicht: Erkenntnisgewinn .....	59
2.4.2 Exkurs: Analogie, Metapher und mentales Modell – eine Differenzierung	79
2.4.3 Legitimation einer animistischen Vermittlung aus entwicklungspsychologischer Sicht: Symbolische Aufladung und Sinnstiftung.....	82
2.4.4 Legitimation animistischer Vermittlung aus motivationspsychologischer Sicht: Generierung eines langfristigen Interesses.....	89
2.4.5 Exkurs: Zur Lernwirksamkeit von Bildern .....	94
2.5 Verwendung von Animismen im Chemieunterricht.....	99
3. Methodik.....	107
3.1 Untersuchungsgegenstand .....	107
3.2 Untersuchungssetting: das <i>teutolab</i> der Universität Bielefeld .....	108
3.3 Untersuchungsdesign.....	113
3.3.1 Vorfeld der Intervention.....	122
3.3.2 Intervention im <i>teutolab</i> der Universität Bielefeld .....	140
3.3.3 Interviewstudie im Nachfeld der Intervention .....	142
3.3.3.1 Probandenauswahl .....	145
3.3.3.2 Interviewdurchführung .....	146
3.3.3.3 Aufbereitung der Interviewdaten: Transkription.....	148
3.3.3.4 Auswertung der Interviews: Kategorienbildung.....	149
3.3.3.5 Auswertung der Interviews: Qualitative Inhaltsanalyse.....	151
3.3.3.6 Auswertung der Interviews: Kontingenzanalyse.....	153

4. Ergebnisse.....	154
4.1 Quantifizierung der Kategorien.....	154
4.2 Ergebnisse der Kontingenzanalyse.....	166
4.3 Zwei Einzelfallanalysen.....	176
4.3.1 Einzelfallanalyse: Regina.....	177
4.3.2 Einzelfallanalyse: Joana.....	181
5. Diskussion der Ergebnisse und Perspektiven.....	186
5.1 Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse.....	186
5.2 Die Rolle außerschulischer Lernorte am Beispiel des <i>teutolabs</i> .....	194
5.3 Perspektiven.....	196
6. Literatur.....	199
7. Anhang.....	216
7.1 Abbildungsverzeichnis.....	216
7.2 Interviewleitfaden.....	217
7.3 Kategorien der Interviewanalyse.....	219
7.4 Interviewdaten: Regina, Gertrud-Bäumer-Realschule Bielefeld, 04.02.2003.....	220
7.5 Interviewdaten: Joana, Kreisgymnasium Halle, 11.12.2002.....	228

### 1. Einleitung

„Chemie? Ja, bitte!“ Nahezu jeder<sup>1</sup>, der sich beruflich mit Chemie befasst, wäre über eine derartige Reaktion aus seinem privaten Umfeld freudig überrascht. Chemie wird landläufig als schwierig, unverständlich sowie als gefährlich beurteilt und hat dementsprechend ein schlechtes Image. Dabei bietet die Chemie eine Vielzahl attraktiver Facetten, hat einen hohen Alltagsbezug und ist stark zukunftsorientiert. Und auch der Chemieunterricht an Schulen kann fesselnd und faszinierend sein, denn Theorie und Praxis lassen sich hier im Gegensatz zu vielen anderen Fächern besonders gut verknüpfen. Insbesondere der experimentelle Charakter ist motivierend und lässt abwechslungsreiche Lehr- und Lernprozesse zu.

Damit sich die Einstellung der „Nichtchemiker“ gegenüber der Chemie positiv verändert, müssen zwei Prämissen erfüllt werden: neben der Notwendigkeit chemische Sachverhalte und Konzepte allgemeinverständlich darzustellen, müssen die Inhalte der Chemie persönliche Relevanz besitzen, um somit subjektiv als sinnvoll erachtet zu werden. Beides kann nur im Dialog zwischen wissenschaftlicher Forschung und Öffentlichkeit geschehen, wobei dieser Dialog bereits im chemischen Unterricht beginnen sollte.

Wissenschaftliche Forschung und deren Vermittlung im Unterricht hat das Ziel, Phänomene rational zu erklären. Im letzten Jahrhundert hat sich aber die Forschung z.B. aufgrund der Entwicklung der Quantenphysik zunehmend mit Phänomenen auseinandersetzen müssen, die einerseits der direkten sinnlichen Wahrnehmung nicht mehr zugänglich und andererseits aus Modellen der klassischen Mechanik nicht mehr ableitbar sind. Die sich hieraus ergebenden Erklärungsmodelle können aufgrund ihrer Komplexität oftmals nicht mehr umgangssprachlich beschrieben werden. Eine wachsende Zahl von Menschen begegnet wissenschaftlichem Fortschritt infolgedessen zunehmend skeptisch. Um diesem Phänomen entgegenzuwirken, bedarf es einer deutlich besseren Vermittlung als bisher. Insbesondere Lehrer als Vermittler zwischen Wissenschaft und heranwachsenden Schülern haben eine hohe Verantwortung, da sie, neben dem Elternhaus und den Peers,<sup>2</sup> meinungsbildend auf den jungen Menschen einwirken. So sollen im Schulunter-

---

<sup>1</sup> Wenn im weiteren Verlauf der Arbeit nur die maskuline Form bei Personen- bzw. Populationsbeschreibungen verwendet wird, schließt dies auch den femininen Anteil mit ein und dient nur der verbesserten Lesbarkeit. Werden geschlechtsspezifische Aspekte näher erläutert, so wird die entsprechende Gruppe explizit erwähnt.

<sup>2</sup> Unter *Peers* werden in der Entwicklungspsychologie gleichaltrige Bezugspersonen verstanden, die wesentlich zum Selbstverständnis bzw. Selbstkonzept der Heranwachsenden beitragen. Auch die Entwick-

richt den Schülern die Fähigkeiten vermittelt werden, sich selbstständig (natur-)wissenschaftliche Prinzipien und Prozesse, die der Selbst- und Welterschließung dienen, aneignen zu können. Weiterhin sollen die Schüler befähigt werden, an der Diskussion gesellschaftsrelevanter naturwissenschaftlicher Themen teilzunehmen.<sup>3</sup> Aktuell werden diese Fähigkeiten unter dem Begriff der *Scientific Literacy* zusammengefasst.

Um die Lehr- und Lernprozesse im naturwissenschaftlichen Unterricht zu optimieren, bietet die naturwissenschaftliche Fachdidaktik eine Vielzahl neuer Konzepte und Ideen. Die Variation dieser Konzepte soll kurzfristig zu einem besseren kognitivem Verständnis der Lerninhalte sowie die Erinnerung an deren Deutung und langfristig zu einer höheren affektiven Akzeptanz naturwissenschaftlicher Inhalte führen. Neben verschiedenen Unterrichtsverfahren (z.B. forschend-entwickelnd oder historisch-problemorientiert), dem Experiment im Unterricht sowie Fragen der Elementarisierung (didaktische Reduktion) oder Motivierung im Unterricht wird auch die chemische Fachsprache im Vermittlungsprozess diskutiert (Löffler 1979; Wöhrmann 1987; Vogelesang 1988; Becker, Glöckner & Hoffmann 1992; Maaß 1995; Hallpap, Klein & Lux 2002). Insbesondere ihre Abgrenzung zur Umgangssprache der Schüler (und der Lehrer) sowie zur Unterrichtssprache wird dabei berücksichtigt. Eine Frage wird im Rahmen dieses fachsprachlichen Diskurses jedoch zumeist vernachlässigt: Welche motivierende und erkenntnisgenerierende Rolle können Animismen bei der Vermittlung naturwissenschaftlicher Phänomene insbesondere im Anfangsunterricht Chemie leisten?

Allgemein wird in der Diskussion um eine angemessene sprachliche Vermittlung in den Naturwissenschaften auf den besonderen Stellenwert der naturwissenschaftlichen und hier im engeren Sinne der chemischen Fachsprache verwiesen. Da sie das entscheidende Kommunikationsmittel ist, um chemische Sachverhalte wissenschaftlich korrekt darzustellen, kann auf sie im Chemieunterricht nicht verzichtet werden. Demzufolge wird vielfach gefordert, sie möglichst früh im Schulunterricht einzuführen. Chemieunterricht in der gewohnten Sprache der Lernenden zu führen, erscheint schwierig bzw. unangemessen: „Neben Wörtern, die während des Unterrichtens ihre Bedeutung und daher

---

lung des Sozialverhaltens, dass im Gegensatz zur Interaktion mit Erwachsenen stärker symmetrisch aufgefasst werden kann, wird durch die Peers gefördert (Oerter & Montada 1998, S. 295ff).

<sup>3</sup> Neben dieser eher utilitaristischen Rechtfertigung naturwissenschaftlichen Unterricht und naturwissenschaftlicher Bildung gibt es aber auch eine intrinsische Rechtfertigung, wie Gräber & Nentwig (2002, S. 9) anmerken, indem sie auf Millar (1996) verweisen. Dabei handelt es sich um die intellektuelle Schönheit und Erklärungsmächtigkeit naturwissenschaftlichen Wissens.

auch ihre Verwendung ändern, werden wir auch zu Bildung eines chemischen Fachkontextes Fachtermini anbieten müssen, die in der Alltagssprache nicht vorkommen.“ (Vogelezang 1988, S. 247).

Übereinstimmung herrscht generell darüber, was die chemische Fachsprache zu leisten hat, nämlich „die Benennung von Stoffen und Stoffklassen, die Charakterisierung von Stoffeigenschaften, die Benennung von chemischen Reaktionen und Reaktionstypen, die Charakterisierung von Wesensmerkmalen chemischer Prozesse (und) die Bezeichnung chemischer Arbeitsprozesse und –methoden.“ (Hallpap, Klein & Lux 2002, S. 76). Die entsprechenden Symbole und Fachtermini, die diese Forderungen erfüllen, werden berechtigterweise als „Handwerkszeug“ des Chemikers angesehen und dienen dazu, chemische Prozesse und Erkenntnisse eindeutig und unmissverständlich zu formulieren. Internationale Gültigkeit erhalten die chemischen Symbole, Termini und Nomenklaturen durch die IUPAC,<sup>4</sup> die sie erarbeitet und festlegt. Der syntaktische Aspekt der chemischen Fachsprache rückt in den Vordergrund, begleitet von ihrer pragmatischen Aufgabe, Informationen zu übermitteln (Hallpap, Klein & Lux 2002, S. 74ff).

Es muss aber berücksichtigt werden, dass das Verständnis chemischer Fachsprache auch von der Vorstellungskraft und Abstraktionsfähigkeit der Schüler abhängt und somit kognitiv determiniert ist. Insbesondere im Anfangsunterricht Chemie kann davon ausgegangen werden, dass „die Anschaulichkeit in der Schülerumgangssprache im Vordergrund steht“ (Maaß 1995, S. 63). Da chemische Fachtermini und Symbole aber eher unanschaulich sind, treten häufig Verständnisschwierigkeiten seitens der Schüler auf. Verstärkt werden diese durch den Sachverhalt, dass gleiche fachwissenschaftliche Begriffe und Symbole mit verschiedenen Bedeutungen belegt sein können und somit kontextabhängig sind. Während dem Lehrer als Fachwissenschaftler diese Kontextabhängigkeit bewusst ist, bereitet sie den Schülern große Schwierigkeiten. Es kommt zu einem widerstrebenden Annehmen erweiterter Begriffskontexte, da der affektive Wunsch der Schüler nach (Begriffs-) Sicherheit nicht ohne weiteres gewährleistet werden kann (Maaß 1995, 66).

Chemische Fachsprache wirkt also nicht nur kognitiv, sondern auch emotional-affektiv auf die Adressaten. Sie beeinflusst zudem das Interesse an dem Lerngegenstand und führt zu bestimmten Einstellungen und Wertungen ihm gegenüber. Eine frühzeitige Ein-

---

<sup>4</sup> International Union of Pure and Applied Chemistry (deutsch: Internationale Vereinigung für reine und angewandte Chemie).

führung der Fachtermini und der häufige Gebrauch chemischer Formalismen demotivieren insbesondere Schüler im Anfangsunterricht Chemie, so dass sie infolgedessen das Interesse an dem chemischen Lerngegenstand verlieren. Eine Vielzahl empirischer Studien bestätigt diesen Zusammenhang (z.B. Becker 1976; Just & Piosik 1985; Müller-Harbach, Wenck & Bader 1990; Pittelkau 1990; Boeck & Bernhardt 1991; Barke 2000). Wenn aber somit bereits durch die erste institutionalisierte Auseinandersetzung mit der Fachwissenschaft Chemie häufig das Interesse an ihr verloren geht, ist anzunehmen, dass zu einem späteren Zeitpunkt eine positive affektive Bindung an diesen Gegenstand nicht ohne weiteres hergestellt werden kann. Chemische Phänomene erscheinen infolgedessen persönlich unbedeutsam oder aber werden negativ konnotiert.

Möchte man die Situation ändern, sollte im Anfangsunterricht Chemie eine Vermittlungssprache gewählt werden, die anfänglich eine positive affektive Bindung an den Lerngegenstand generiert, verständlich, erkenntnisfördernd sowie sinnstiftend ist und bestenfalls ein langfristiges Interesse an chemischen Inhalten fördert. Weiterhin sollte sie anschaulich sein und als Ansatzpunkt die Sprache der Schüler berücksichtigen. Eine verstärkte animistische Vermittlung erfüllt möglicherweise all diese Forderungen, da sie in der Lage zu sein scheint, die Lebenswirklichkeit der Schüler mit der Fachwissenschaft Chemie zu verbinden. Das bereits seit dem frühen Kindesalter bestehende Interesse an naturwissenschaftlichen Phänomenen (Lück 2000a, 2003) ließe sich somit vermutlich aufrechterhalten und manifestieren.

Die Diskussion, ob eine animistische Vermittlung die genannten Forderungen erfüllen kann und für den naturwissenschaftlichen Unterricht geeignet ist, wurde bereits in den 70er Jahren - zwar nur sporadisch, dafür aber umso emotionaler - geführt. Insbesondere Vertreter der Biologiedidaktik forderten den Abbau der affektiven Identifikation mit den Tieren und traten für eine nachhaltige Verwissenschaftlichung des Faches ein (Vogel 1978; Bäuml-Roßnagl 1979). Aber auch aktuell finden sich Äußerungen zur Fachsprache im Chemieunterricht, die eine ähnliche Einstellung anzeigen, auch wenn nicht explizit Animismen erwähnt werden.

„Im Unterricht darf die Fachsprache nicht zur Nebensache werden. Oft lassen sich schlechte Sprachgewohnheiten, die sich bei mangelnder Konsequenz bei den Schülern einschleifen, nur mit großer Mühe wieder *ausmerzen*.“ (Hallpap, Klein & Lux 2002, S. 87).

Betrachtet man die Äußerungen zu einer animistischen Vermittlung fallen zwei Aspekte deutlich auf. Einerseits wird nur selten ihre erkenntnisfördernde und motivierende Funktion erwähnt, die auf ihrem metaphorischen und analogiebildenden Charakter beruht, und andererseits liegen im deutschsprachigen Raum keine empirischen Erkenntnisse vor, die ihrer Legitimation im Chemieunterricht entgegenstünden.<sup>5</sup>

Die vorliegende Studie macht sich demzufolge zur Aufgabe, die potenziellen Funktionen einer animistischen Vermittlung näher zu erläutern und diese empirisch zu untersuchen. Kognitions-, entwicklungs- und motivationspsychologische Fragestellungen stehen dabei im Fokus des Interesses.

Es soll geklärt werden, wie die Vermittlung der Naturwissenschaften im Schulalltag stattfindet, wie es um die Einstellungen der Schüler hinsichtlich des Chemieunterrichts bestellt ist, welche positive Rolle dabei eine verstärkt animistische Vermittlung spielen kann, und warum es keine fachdidaktische Rechtfertigung animistisch-metaphorischer Vermittlung gibt, wenn doch animistische Metaphern in den Naturwissenschaften gang und gäbe sind.

Da die Untersuchung im *teutolab* der Universität Bielefeld durchgeführt wird, das von Kohse-Höinghaus im Februar 2000 gegründet wurde, soll ebenfalls der Frage nachgegangen werden, welchen Beitrag derartige außerschulische Medien in der bildungspolitischen Diskussion leisten können.

Im nachfolgenden Kapitel wird die bildungspolitische Relevanz des Forschungsgegenstandes näher erläutert (Kapitel 2.1). Die gesellschaftliche Bedeutung eines naturwissenschaftlichen Verständnisses, welches man aktuell unter dem Begriff *Scientific Literacy* diskutiert, wird ebenso dargestellt wie die Informationsbarriere für den Laien, die sich aus dem nahezu ausschließlich fachsprachlich geführten Diskurs ergibt. Um diese Barriere zu überwinden, ist es erforderlich, bereits in der Schule naturwissenschaftliche Phänomene verständlich und sinnstiftend zu vermitteln. Eine verstärkt animistische Vermittlung könnte dieser Forderung nachkommen. In Kapitel 2.2 sind die theoretischen Erkenntnisse zum Phänomen des Animismus als Vermittlungsmedium aufgeführt, wobei eine strikte Abgrenzung zum kindlichen Animismus nach Piaget durchgeführt

---

<sup>5</sup> Haupt (1990) diskutiert zwar anschauliche Analogien und Modellvorstellungen und bezieht sich dabei auch direkt auf animistische Analogien; seine eher ablehnenden Ausführungen hinsichtlich einer Verwendung derartiger Analogien im Unterricht fußen allerdings nicht auf empirischen Studien, sondern sind vielmehr subjektive Einschätzungen.

wird. Es folgt eine allgemeine Darstellung des bisher geführten fachdidaktischen Diskurses über eine animistische Vermittlung (Kapitel 2.3), welche in eine Diskussion über die Legitimation der Animismen im naturwissenschaftlichen Vermittlungsprozess mündet (Kapitel 2.4).

Die bis zum heutigen Zeitpunkt rein theoretisch geführte Diskussion über eine Legitimation animistischer Vermittlung im naturwissenschaftlichen Unterricht wurde im *teutolab* der Universität Bielefeld empirisch untersucht. Über den genauen Untersuchungsgegenstand, das Untersuchungssetting des *teutolabs* und das Untersuchungsdesign wird in den Kapiteln 3.1, 3.2 und 3.3 berichtet.

Kapitel 4 stellt die erhaltenen Ergebnisse der Intervention in Form einer Kategorienquantifizierung (Kapitel 4.1), einer Kontingenzanalyse (Kapitel 4.2) und zweier Einzelfallanalysen (Kapitel 4.3) fest.

In Kapitel 5 werden abschließend diese Ergebnisse diskutiert, Möglichkeiten eines Transfers an die Schulen aufgezeigt und neue potenzielle Forschungsfragen aufgeführt.

### 2. Theorie

#### 2.1 Bildungspolitische Relevanz der vorliegenden Untersuchung

Die Frage, wie sich Naturphänomene und deren naturwissenschaftliche Deutung motivierend und nachhaltig vermitteln lassen, konnte bis heute nicht abschließend beantwortet werden. So gilt der Bereich der Chemie in der öffentlichen Diskussion als unverständlich. Nicht ohne Grund wurde Ende der 80er Jahre das PUSH-Programm entwickelt (Public Understanding of Science and Humanities). In diesem Programm sollen einer breiten Öffentlichkeit wissenschaftliche Begriffe, Problemstellungen und Konzepte verständlich dargeboten werden, so dass es zu einer Wertschätzung der naturwissenschaftlichen und technischen Beiträge in der Gesellschaft kommt (Wolfendale 1997).<sup>6</sup> Über die Relevanz der gesellschaftlichen Bezüge von PUSH äußert sich Laetsch und verdeutlicht, dass eine Verbesserung der Kommunikation über (Natur-)Wissenschaft notwendig für die Wohlfahrt eines Staates sein kann. Neben einer stärkeren Kompetenz des Einzelnen in politischen Entscheidungsprozessen und ökonomischen Vorteilen, die durch das Verstehen moderner Technologien erreicht werden können, kann die kritische Vertrautheit mit wissenschaftlichen Methoden und Techniken auch zu einer verstärkt ethisch geprägten Weltsicht führen (Laetsch 1987).

Bereits Fluck hebt 1976 das permanente Anwachsen der Fachsprachen und das daraus entstehende Kommunikationsproblem hervor. Das Problem liegt dabei in der Informationsbarriere für den Laien, da Fachsprachen zwar in den gesamtgesellschaftlichen Diskurs einfließen, ihre Inhalte aber nicht mehr mitteilen können. Kommt es in diesem Zusammenhang nicht mehr zu einer Rückbindung der Fachsprachen an den Verstehenshorizont der natürlichen Sprachen, aus denen sie hervorgegangen sind, besteht für Fluck die Gefahr einer elitären, demokratiefeindlichen Herrschaftssprache. Der Laie ist nicht mehr in der Lage, ihn betreffende und gesellschaftsverändernde Prozesse zu beurteilen (Fluck 1976, S. 39ff). Dies ist auch einer der entscheidenden Gründe, basale naturwissenschaftliche Kenntnisse in der Schule zu vermitteln, auch wenn davon ausgegangen werden kann, dass ein Großteil der Schüler im späteren Leben keinen engeren Kontakt mehr zu chemischen oder anderen naturwissenschaftlichen Bereichen haben wird.

---

<sup>6</sup> Dass eine Wertschätzung technischer Beiträge notwendig ist, wird allein schon dadurch bedingt, dass menschliche Lebensbewältigung auf Technik angewiesen ist. Eine gute Darstellung der Technik als anthropologische Konstante liefert unter anderem Jakob (1991).

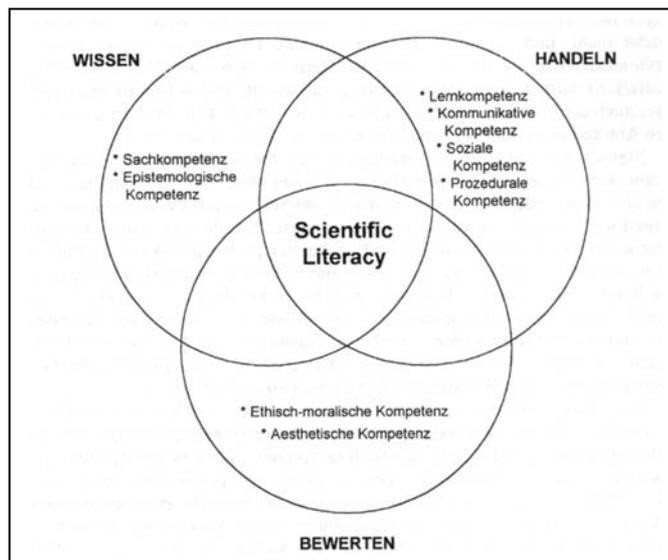
Doch neben diesen eher demokratiekonstituierenden Gründen für eine gute naturwissenschaftliche Bildung steht für Laetsch auch die Befriedigung der menschlichen Neugier im Fokus. Seiner Ansicht nach ist die Neugier und der Wunsch seine Umwelt zu verstehen eine Facette menschlichen Seins, indiziert durch ein starkes naturwissenschaftliches Interesse.

„No one can stop the interest in science. The millions of amateur astronomers, bird-watchers, gardeners, rock collectors, and electronic gadgeteers are only a portion of those avidly spending time at science. (...) This is seen most clearly in children. Their curiosity about the natural world and how things work is insatiable. (...) Understanding science for its own sake is ample and sufficient reason for promoting scientific literacy.” (Laetsch 1987, S. 8f).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass naturwissenschaftliche Bildung als Teil einer Kulturwissenschaft angesehen werden sollte. So bedingen sich z.B. Philosophie, Geschichte, Soziologie und Naturwissenschaften gegenseitig. Man kann vermutlich das Eine nicht ohne das Andere tiefgründig verstehen.

Während PUSH aber eher auf die verständliche Vermittlung (natur-)wissenschaftlicher Phänomene im außerschulischen Rahmen zielt, muss grundsätzlich betrachtet verständliche Vermittlung zudem frühzeitig in der Schule beginnen, da auch dort die Grundlagen für ein nachhaltiges Interesse an naturwissenschaftlichen Fragestellungen gelegt werden. Die Entwicklung einer angemessenen *Scientific Literacy* wird häufig als umfassendes oberstes Bildungsziel naturwissenschaftlichen Unterrichts angesehen, wobei allerdings keine Einigung darüber besteht, was genau unter diesem kategorischen Begriff zusammenzufassen ist. So gibt es zahlreiche nationale und internationale Abhandlungen und Veröffentlichungen zu dieser Problematik.

Gräber, Nentwig & Nicolson (2002) versuchen diese unterschiedlichen Ansichten zusammenzufassen und gelangen zu einem Kompetenzmodell, in dem nicht nur fachliche, sondern auch überfachliche Kompetenzen Raum einnehmen. Die nachstehende Abbildung stellt dieses Modell dar. Als Ziel naturwissenschaftlichen Unterrichts gilt der Erwerb der jeweils domänenspezifischen Ausprägung dieser Kompetenzen.



**Abb. 1: Scientific Literacy als Schnittmenge verschiedener Kompetenzen<sup>7</sup>**

Auf die einzelnen domänenspezifischen Kompetenzen soll hier nicht näher eingegangen werden, da sie nicht im Zentrum dieser Arbeit stehen. Es sollte aber deutlich werden, dass sie, je nach fachwissenschaftlichem Bereich, unterschiedliche Ausprägungen haben können. So erfordert es z.B. eine spezifisch andere Lernkompetenz, ein Gedicht zu erlernen als die Gesetzmäßigkeiten des Periodensystems der Elemente zu erkennen. Bezogen auf den naturwissenschaftlichen Bereich fassen Gräber, Nentwig & Nicolson allgemein zusammen:

„Scientific Literacy speist sich aus all diesen Kompetenzen. Gewiss ist nicht zu erwarten, daß ein naturwissenschaftlich gebildeter Mensch sie alle in gleichem Maße besitzt. Je nach Umständen und individueller Präferenz werden die verschiedenen Kompetenzen unterschiedlich ausgeprägt sein. Ebenso gewiss ist aber, daß wahre naturwissenschaftliche Bildung weit über die bloße Beherrschung des Sachwissens hinausgeht – wie es von vielen lange Zeit missverstanden wurde.“ (Gräber, Nentwig & Nicolson 2002, S. 139).

Auch das deutsche PISA-Konsortium ist dieser Meinung. Im Zentrum der 2000 durchgeführten PISA-Studie steht zwar eher die allgemeine Lesekompetenz der Schüler, dennoch wurden auch Aspekte der naturwissenschaftlichen Grundbildung thematisiert und erfasst. Zur naturwissenschaftlichen Grundbildung gehört dort laut Definition „ein Ver-

---

<sup>7</sup> In: Gräber, Nentwig, Nicolson 2002, S. 137.

ständnis grundlegender naturwissenschaftlicher Konzepte, die Vertrautheit mit naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen sowie die Fähigkeit, dieses Konzept- und Prozesswissen (...) anzuwenden. (...) Ferner das Erkennen von Fragen, die naturwissenschaftlich untersucht und bearbeitet werden können, das Ziehen von Schlussfolgerungen aus Beobachtungen und Befunden, das Prüfen der Gültigkeitsbedingungen solcher Schlussfolgerungen sowie das Wissen um die Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnis.“ (Deutsches PISA-Konsortium 2001, S. 26).

Wie die hinlänglich bekannten Ergebnisse der TIMS- und PISA-Studien zeigen, scheint eine derartige naturwissenschaftliche Grundbildung, die man auch als *Scientific Literacy* bezeichnen kann, an den Schulen nicht erfolgreich vermittelt worden zu sein.<sup>8</sup> Beide Studien bescheinigen den deutschen Schülern der Sekundarstufe I im internationalen Vergleich gerade einmal durchschnittliche Leistungen in den Bereichen Mathematik und Naturwissenschaften.

In der TIMS-Studie II (1997) wird festgestellt, dass die 14 bis 15-jährigen Schüler an deutschen Schulen nur ein einem „Alltagswissen“ äquivalentes Niveau besitzen. Auch bekunden die deutschen Probanden dieser Studie im internationalen Vergleich das geringste Interesse auf mathematisch-naturwissenschaftlichem Gebiet.<sup>9</sup>

Die PISA-Studie aus dem Jahre 2000 bestätigt teilweise diese Ergebnisse. In ihr wurden Lesekompetenz (Reading Literacy), mathematische Grundbildung (Mathematical Literacy) und naturwissenschaftliche Grundbildung (Scientific Literacy) untersucht. Im Mittelwert liegen die deutschen Schüler deutlich unter dem OECD-Durchschnitt. Weiterhin streuen die Leistungen speziell im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich sehr stark. Somit kommen die Autoren der PISA-Studie zu dem Schluss, dass es dem deutschen Bildungssystem relativ schlecht gelingt, die Leistungen der Schülerinnen und Schüler zu homogenisieren (Deutsches PISA-Konsortium 2002, S. 176). Eine weiterführende Metakompetenz, die über ein Alltagswissen hinaus geht wie z.B. ein konzeptuelles Verständnis naturwissenschaftlicher Zusammenhänge, wird kaum erreicht (Deutsches PISA-Konsortium 2002, S. 217ff).

---

<sup>8</sup> TIMSS: Third International Mathematics and Science Study; PISA: Programm of International Student Assessment

<sup>9</sup> Die Anzahl der Chemieaufgaben war in den Testheften vergleichsweise gering gehalten worden, was darauf schließen lässt, dass das Fach Chemie (auch) international eher eine Nebenrolle spielt. Die fachspezifischen Fragen bezogen sich auf „allgemeines Weltwissen“ bzw. auf Wissens-elemente, die auch im Physik- bzw. Biologieunterricht besprochen werden (Klein 1998, S. 174).

Da weiterhin gerade jene deutschen Schüler, die sich im unteren Leistungsbereich befinden, im internationalen Vergleich ein auffallend niedriges Leistungsniveau erreichen, sollten insbesondere dort verstärkte Anstrengungen zur Förderung unternommen werden (Deutsches PISA-Konsortium 2002, S. 237).

Die Ergebnisse der 2003 durchgeführten PISA-Studie zeigen zwar einige Verbesserungen in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Kompetenzbereichen an, diese Verbesserungen sollten aber mit Vorsicht interpretiert werden. Die statistisch abgesicherten Kompetenzzuwächse in diesen Bereichen werden nämlich nicht von allen Jugendlichen getragen. Vielmehr sind es die ohnehin Kompetenzstärkeren, die sich weiter verbessert haben, während in der Gruppe der leistungsschwachen Jugendlichen keine Kompetenzzuwächse zu verzeichnen sind. Da die leistungsschwächeren Jugendlichen vermehrt der Gruppe mit Migrationshintergrund bzw. niedrigem sozioökonomischen Status angehören, lassen sich keine Hinweise auf eine Entkopplung von Kompetenz und Merkmalen finden. Vielmehr wird der Zusammenhang zwischen sozialer Herkunft und Kompetenzniveau noch enger (Deutsches PISA-Konsortium 2004, S. 355ff).

Als ein Fazit der immer noch geführten Diskussion kann festgehalten werden, dass es in Zukunft nicht allein darum gehen sollte, die Qualität des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts und der damit verbundenen Lehrerausbildung zu verbessern, sondern dass auch der gesellschaftliche Stellenwert dieser Fächer sowie die Motivation der Schüler gestärkt werden sollten. Um diese Ziele zu erreichen, werden zum wiederholten Male als Kernstücke eines effizienten Unterrichts ein starker Alltagsbezug sowie ein Lernen aus der Erfahrung heraus gefordert, wie Klein einige Arbeiten in der Nachfolge von TIMSS zusammenfasst (Klein 1998, S. 174ff).

Diese Forderungen sind allesamt kein pädagogisches Neuland. Doch stellt Klein fest, dass ein nachhaltiger Diskurs zwischen Didaktikern und Lehrern, der zur Umsetzung der Forderungen unabdingbar ist, kaum stattfindet. Naturwissenschaftsdidaktische Forschung geht oftmals an den konkreten Fragestellungen fachspezifischer Unterrichtsmethoden vorbei: „Mit dem Verhältnis von Lehrern und Schülern im Unterricht, den spezifisch fachbezogenen Interessen und Einstellungen der Schülerinnen und Schüler im Unterricht u.ä. befassten sich 1994 durchschnittlich nur knapp 1% aller Forschungsthemen. Ganze 0,4% waren der so notwendigen fächerübergreifenden Wissensvermittlung ge-

widmet, und in bezug auf Schülermotivation wurde gar nicht geforscht.“ (Klein 1998, S. 178).<sup>10</sup>

Wenn auch davon auszugehen ist, dass sich die Anteile der erwähnten Forschungsthemen im Bereich der Naturwissenschaftsdidaktik in den letzten zehn Jahren positiver gestaltet haben, so wäre es doch sehr zuversichtlich zu behaupten, dass es keinen Optimierungsbedarf mehr gäbe. Das zeigen auch die Absolventenzahlen des Diplomstudiengangs Chemie, die als ein Indikator des gesellschaftlichen Interesses an der Fachrichtung Chemie anzusehen ist.

Betrachtet man diese Absolventenzahlen, ist ein kontinuierlicher Rückgang bis zum Jahre 2003 zu erkennen. Erst ab 2004 sind wieder leicht ansteigende Absolventenzahlen zu beobachten bzw. prognostiziert, wie Abb. 2 verdeutlicht.

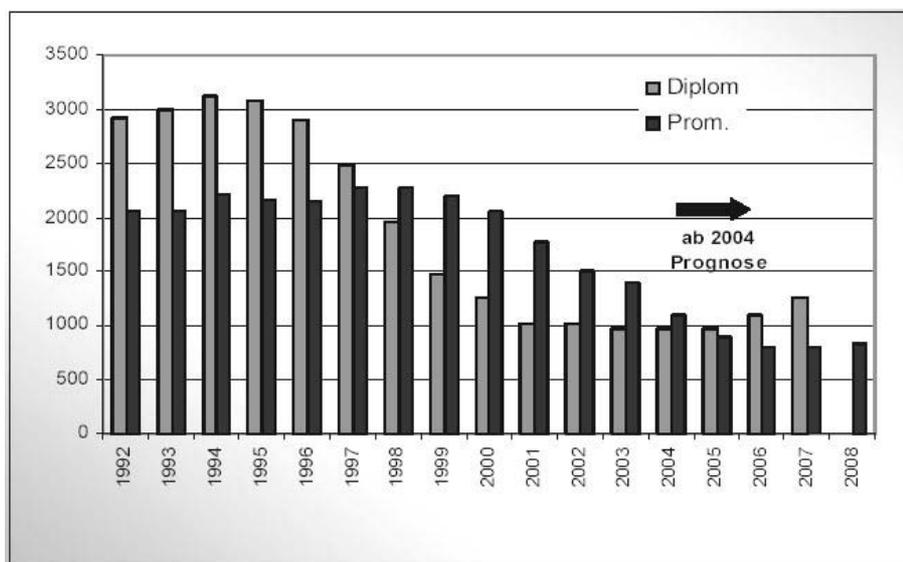


Abb. 2: Überblick über die Absolventenzahlen des Diplomstudiengangs Chemie<sup>11</sup>

Ursächlich für die Entwicklung der Absolventenzahlen kann unter anderem das Interesse an chemischen Sachverhalten herangezogen werden, welches insbesondere durch die schulische Auseinandersetzung im Chemieunterricht bestimmt wird.

---

<sup>10</sup> Klein führt zwar nicht explizit aus, welche anderen Inhalte die fachdidaktische Forschung hatte; es kann jedoch angenommen werden, dass insbesondere das *Experiment im Unterricht* sowie die *Entwicklung neuartiger Experimentalreihen* im Vordergrund standen.

<sup>11</sup> Quelle: <http://www.gdch.de/ks/publikationen/gdch-prognose.pdf> (eingesehen am 20.04.2005).

Ein nachlassendes Interesse gegenüber naturwissenschaftlichen Fächern, insbesondere Chemie und Physik, zeigt sich jedoch bereits im Verlauf der Sekundarstufe I, wie zahlreiche, auch ältere Untersuchungen sogar zu Beginn des letzten Jahrhunderts aufdecken (Stern 1905; Lentke 1955; Ansari & Demuth 1976; Becker 1978; Just & Piosik 1985; Bader 1986; Müller-Harbach, Wenck & Bader 1990; Boeck & Bernhardt 1991; Gräber 1992a; Woest 1997; Wolf, Höner & Wenck 1998; Barke & Hilbing 2000).<sup>12</sup>

Höner & Greiwe (2000) z.B. bestätigen die Ergebnisse einiger Untersuchungen der Vorjahre und stellen fest:

„In der 7. Klasse ist Chemie noch das drittbeliebteste Fach (...) Im Verlauf der Jahrgangsstufen verschlechtert sich der Wert in der neunten sowie noch einmal in der zehnten Klasse (...) zu den unbeliebtesten Fächern.“ (Höner & Greiwe 2000, S. 34).

Gräbers Untersuchung (1992b) bildet eine Ausnahme, die zu dem Ergebnis kommt, dass das Interesse an Chemie über den Zeitraum der Sekundarstufe I nicht abnimmt. In einem Ranking mit anderen Schulfächern wird dieses Ergebnis jedoch relativiert. Bei den männlichen Schülern belegt das Fach Chemie zwar noch einen Mittelplatz, weibliche Schüler siedeln es in der Beliebtheit aber im unteren Drittel der Skala an.

Es ist anzunehmen, dass die nachlassende Fachbeliebtheit langfristig und nachhaltig zu einem rückläufigen Interesse an chemischen Sachverhalten führt. Um diesem vermuteten Effekt entgegenzuwirken, ist die Ursachenforschung des mangelnden Fachinteresses unumgänglich. Auch hierzu liegt eine Vielzahl empirischer Studien vor.

Laut Schüleraussagen lässt das Interesse am Fach Chemie insbesondere dann nach, wenn der experimentelle Anteil im Unterricht nur gering vertreten ist und wenn die behandelten Themen keine Nähe zur Lebenswelt der Schüler bzw. keine Alltagsorientierung haben. Daraus ergeben sich die Forderungen nach häufigem Experimentalunterricht, hohem Alltagsbezug und Lernen in sinnstiftenden Kontexten (Otte & Garbe 1976; Bader 1986; Boeck & Bernhardt 1991; Gräber 1992b; Wegner & Stübs 1992; Woest 1997; Behrendt et al. 1997; Graf 1998; Barke 2000; Parchmann et al. 2001).

---

<sup>12</sup> Es ist zu berücksichtigen, dass in den hier erwähnten Studien sowohl unterschiedliche Populationen untersucht, als auch verschiedene statistische Verfahren angewendet wurden. Krapp (1998) gibt weiterhin zu bedenken, dass in einigen Studien die summativen Betrachtungen sowohl die Vielschichtigkeit als auch die Heterogenität der Interessenverläufe bei bestimmten Teilgruppen der Schülerschaft überdecken. Dennoch lässt sich eine allgemeine negative Tendenz hinsichtlich der Interessenentwicklung im Fach Chemie in den Ergebnissen aufzeigen.

Weiterhin wünschen die Schüler eine stärkere Berücksichtigung eigener Konzepte und Erklärungsansätze im Unterricht. Gräber (1992b) äußert sich hierzu:

„Die von den Schülern berichteten Beobachtungen werden als ‚nicht relevant‘ klassifiziert, ihre aus der Lebenswelt stammenden, vielleicht auch etwas unverständlich klingenden Erklärungsversuche werden nicht ernst genommen und nicht zur Diskussion gestellt. Ein Schüler, der mehrfach derartige Erfahrungen gemacht hat, wird nicht mehr ernsthaft an der originellen Lösung eines Problems arbeiten, sondern versuchen, die vom Lehrer gewünschte Lösung zu erraten. Interesse an der Sache ist auf die Weise nicht zu erzielen.“ (Gräber 1992b, S. 358).

Der Wunsch einer stärkeren Berücksichtigung der affektiven Dimension des Lernens, wie ihn auch Becker (1992) sowie Boeck & Bernhardt (1991) fordern, wird in diesen Schülerforderungen und Wünschen deutlich.

Doch auch durch kognitive Faktoren lässt sich das nachlassende Naturwissenschaftsinteresse teilweise erklären. Eine deutliche Theorielastigkeit des chemischen Unterrichts wird häufig festgestellt (Ansari & Demuth 1976; Wegner & Stübs 1992; Woest 1997; Barke 2000) und demzufolge eine stärkere Orientierung zu praxisrelevanten Inhalten und experimentellen Unterrichtsinhalten gefordert.

Ebenfalls kann die im Chemieunterricht als obligatorisch geltende Zeichen- und Formelsprache viele Schüler überfordern und somit wird bei ihnen eine negative Einstellung zum Chemieunterricht generiert (Becker 1976; Just & Piosik 1985; Müller-Harbach, Wenck & Bader 1990; Pittelkau 1990; Boeck & Bernhardt 1991; Barke 2000). Allenfalls die Schüler, die das Fach Chemie ohnehin bevorzugen, sind überwiegend der Auffassung, die Zeichensprache zu verstehen. Schüler, die eine ablehnende Haltung gegenüber dem Schulfach Chemie einnehmen, verstehen nach eigenen Angaben die Zeichensprache nur partiell oder nie (Becker 1976, S. 25).

Zentrale Forderungen der Schüler nach einer verständlicheren Sprache sowohl im Unterrichtsgespräch als auch in den Schulbüchern folgen aus dieser Konstellation.

Aber nicht nur sprachliche Elemente müssten einfacher und verständlicher gestaltet werden, sondern auch die Schulbuchillustrationen sollten weniger abstrakt und eingehender gestaltet sein (Wegner & Stübs 1992; Woest 1997).

Da aber im Fach Chemie chemische Symbole und stöchiometrische Berechnung unumgänglich sind, stellt sich hier für den Lehrer ein Dilemma dar. Entweder er verzichtet auf eine Dominanz der Zeichensprache und kommt dem Wunsch nach Verständlichkeit

nach. Dann besteht die Gefahr, dass die Notwendigkeit der Klarheit in der Beziehung Modell – Zeichensprache nicht deutlich wird. Oder aber er formalisiert chemische Vorgänge zu stark. Dann läuft er Gefahr, dass die Schüler im Unterricht „blockieren“ (Pittelkau 1990, S. 92).

Als zentrale, ursächliche Faktoren für ein nachlassendes Interesse am Fach Chemie können somit einerseits eine Diskrepanz zwischen fachlicher Anforderung und kognitivem Niveau der Schüler und andererseits eine nicht ausreichende Berücksichtigung der affektiven Komponente im Lernprozess festgestellt werden.

Der Vermittler chemischer Sachverhalte muss dies im Lehrprozess bedenken, wobei es keine Rolle spielt, ob die Vermittlung in der Schule stattfindet oder aber im Dialog zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit (PUSH). Weber weist auf diese Schwierigkeit hin:

„Die Darlegung wissenschaftlicher Probleme so, dass ein ungeschulter, aber aufnahmefähiger Kopf sie versteht, und dass er – was für uns das allein Entscheidende ist – zum selbständigen Denken darüber gelangt, ist vielleicht die pädagogisch schwierigste Aufgabe von allen.“ (Weber 1967, S. 10).

Dieser Aufgabe stellen sich jedoch nicht nur Schulen. Auch durch außerschulische Medien, wie z.B. Science Center<sup>13</sup>, naturwissenschaftliche Museen oder Schülermitmachlabore wird versucht, ein nachhaltiges Interesse an naturwissenschaftlichen Fragestellungen bei Kindern und Jugendlichen zu generieren, welches sich bis ins Erwachsenenalter aufrechterhalten lässt. Insbesondere Schülermitmachlabore haben in letzter Zeit zunehmend an Bedeutung gewonnen. Gab es im Jahre 2000 gerade einmal neun solcher Initiativen, ist die Zahl mittlerweile auf über 70 angewachsen, mit steigender Tendenz.<sup>14</sup>

In der vorliegenden Arbeit wird nun einerseits untersucht, ob der bewusste Einsatz von Animismen bei der Vermittlung chemischer Inhalte durch seinen motivierenden Charakter verständnisfördernd sowie sinnstiftend ist und somit einem nachlassenden Inte-

---

<sup>13</sup> Die kürzlich eingereichte Dissertation von Hendrik Förster, Fachgruppe Didaktik der Chemie I der Universität Bielefeld, setzt sich mit chemischen Exponaten für Science Center auseinander, deren Adressaten Schüler der Primarstufe sind. Förster zeigt auf, dass die schon in früher Kindheit stattfindende Auseinandersetzung mit motivierenden chemischen Versuchen ein nachhaltiges Interesse an diesen Fragestellungen fördert und ein frühes naturwissenschaftliches Verständnis generiert.

<sup>14</sup> Es werden alle Initiativen berücksichtigt, die außerschulische Experimentiermöglichkeiten für Schüler unterschiedlicher Alterstufen anbieten, also auch Initiativen die dieses nur unregelmäßig durchführen. Ein Überblick über diese Initiativen bietet die Zeitschrift *Nachrichten aus der Chemie* 51 (2003) 2, S. 144-149.

resse entgegenwirken kann, und andererseits, welche Rolle außerschulische Medien im Bildungsprozess einnehmen können.

### **2.2 Animismus als didaktisches Mittel**

Möchte man den Einsatz von Animismen als didaktisches Mittel diskutieren, ist es notwendig, eine Eingrenzung des Begriffs Animismus vorzunehmen.

Weder ist hier der Animismus in seiner ursprünglichen ethnologischen Bedeutung gemeint, mit der ein religiös-anschaulicher Seelenglauben bezeichnet wird, wie er z.B. im Totemismus oder in einem pantheistischen Naturverständnis anzutreffen ist. Noch handelt es sich hier um den Begriff des kindlichen Animismus nach Jean Piaget. Insbesondere zum Animismusbegriff Piagets muss eine Abgrenzung vorgenommen werden, da in der fachdidaktischen Diskussion oftmals keine klare Trennung zwischen dem kindlichen Animismus und dem Animismus als didaktisches Hilfsmittel zu erkennen ist, bzw. es sogar zu Verwechslungen zwischen diesen unterschiedlichen Bedeutungen kommt. Auch werden die Überlegungen Piagets zum kindlichen Animismus von Gegnern animistischer Vermittlung im Unterricht angeführt, wie an späterer Stelle noch gezeigt werden wird (vgl. Kap. 2.3.2).

#### **2.2.1 Der kindliche Animismus nach Jean Piaget**

Der Begriff des Animismus wird insbesondere in der Psychologie stark diskutiert und beruht dort auf den Ausführungen Jean Piagets zum kindlichen Animismus. Im größeren Umfang hat er ihn erstmalig in seinen 1926 erschienenen Untersuchungen zum „Weltbild des Kindes“ eingeführt (Piaget 1999, S. 157-225).<sup>15</sup>

Piaget setzt die Entwicklung des kindlichen Animismus in Beziehung zur kognitiven Entwicklung. Als Ausgangspunkt des Denkens definiert er ein *protoplasmatisches Bewusstsein* (Piaget 1999, S. 211), das keinen Unterschied zwischen dem Ich und den Dingen macht. Durch diese Nichtunterscheidung zwischen der psychischen und der physischen Welt verwechselt das Kind diese Domänen, und zahlreiche Körper, die für

---

<sup>15</sup> Französischen Originalausgabe: Jean Piaget: *La représentation du monde chez l'enfant*. Presses Universitaires de France 1926.

Erwachsene leblos sind, werden als lebendig und mit Bewusstsein ausgestattet betrachtet. Dieses Phänomen bezeichnet Piaget als kindlichen Animismus.

Basierend auf seinen Interviewstudien unterscheidet er vier Stadien des Animismus. Im ersten Stadium kann jedem Gegenstand, der eine irgendwie geartete Aktivität aufweist, ein Bewusstsein zugesprochen werden, auch wenn dieser unbeweglich ist. Dieses Bewusstseins ist für Piaget allerdings eher als metaphorischer Ausdruck zu verstehen:

„Man darf nicht sagen, das Kind spreche den Dingen „Bewußtsein“ zu. (...) Faktisch hat es sich nie oder nur selten die Frage gestellt, ob die Gegenstände bewußt seien oder nicht. Da es aber keinerlei Begriff von einer möglichen Unterscheidung zwischen dem Denken und den physischen Gegenständen hat, weiß es auch nicht, daß es nicht mit Bewußtsein verbundene Aktionen geben kann. Tätigkeit ist für das Kind notwendig beabsichtigte oder bewußte Tätigkeit.“ (Piaget 1999, S. 164).

Ein Beispiel aus seinen Interviews soll die Besonderheit des ersten Stadiums verdeutlichen. Piaget fragte einen Jungen, ob ein Knopf es spüre, wenn man ihn von einer Jacke abrisse, was der Junge bejahte. „*Warum?*“ – „*Weil der Faden zerreißt.*“ – „*Tut es ihm weh?*“ – „*Nein, aber er spürt, daß es reißt.*“ (Piaget 1999, S. 162).

Im zweiten Stadium wird das Bewusstsein den beweglichen Gegenständen vorbehalten, das heißt Gegenständen, die ständig in Bewegung sind oder deren Eigenaktivität es ist, in Bewegung zu sein, wie z.B. Flüssen, Wolken, Feuer etc. Dieses Stadium bewertet Piaget als Übergangsstadium. Sobald das Kind erkennt, dass die ursprünglich zugesprochene Eigenbewegung von außen gesteuert wird, wie es z.B. bei einem Fahrrad der Fall ist, wird auch das ursprünglich zugesprochene Bewusstsein wieder aberkannt.

„*Weiß ein Auto, daß es fährt?*“ – „*Ja.*“ – „*Ist es lebendig?*“ – „*Nein. Aber es weiß das.*“ – „*Weiß es der Mann darin, oder das Auto?*“ – „*Es ist der Mann.*“ (Piaget 1999, S. 167).

Es folgt das dritte Stadium, in dem es zu der wesentlichen Unterscheidung zwischen Eigenbewegung und von außen erhaltener Bewegung kommt. Piaget beobachtet bei den Kindern, die sich in diesem Stadium befinden, einen reflektierteren und motivierteren Animismus. Sie dosieren deutlich den Bewusstseinsgrad, den sie den Dingen zusprechen, und liefern auch Gründe für ihre Einschätzungen.

„*Spürt das Wasser etwas?*“ – „*Ja.*“ – „*Warum?*“ – „*Weil es fließt.*“ – „*Spürt die Pflanze etwas, wenn man sie sticht?*“ – „*Ja.*“ – „*Warum?*“ – „*Weil sie lebendig ist, denn sie wächst.*“ – „*Weiß das Fahrrad, wenn es fährt?*“ – „*Nein.*“ – „*Warum nicht?*“

– „*Es ist nicht lebendig.*“ – „*Warum nicht?*“ – „*Weil man es zum Fahren bringen muß.*“ (Piaget 1999, S. 170).

Nachdem die Kinder dieses Stadium durchlaufen haben, erreichen sie das vierte Stadium, in dem sie nur noch Tieren ein Bewusstsein zusprechen. Dieses vierte Stadium lässt sich durchschnittlich erst ab 11 bis 12 Jahren beobachten, wobei jedoch Ausnahmen auftreten, so dass auch schon 7-jährige dieses Stadium erreichen können. Der Animismus, der laut Piaget langsam überwunden wird, findet im sogenannten Finalismus<sup>16</sup> seine Fortsetzung. Das bedeutet, dass die Kinder auf Fragen wie z.B. „*Was macht die Sonne, wenn es Wolken hat und wenn es regnet?*“ wie folgt antworten: „*Sie geht weg, weil das Wetter schlecht ist. (...) Weil sie nicht in den Regen kommen will.*“ (Piaget 1999, S. 172).

Man kann hier noch von einem latenten Animismus sprechen, was ein Gesamturteil über den kindlichen Animismus auch aus Sicht Piagets erschwert.

Der kindliche Animismus in Sinne Piagets sollte eher als Erklärungsschema begriffen werden und nicht als systematische Überzeugung bzw. als Ergebnis einer reflektierten Konstruktion. Die animistische Konzeption, die das Kind kreiert, soll sowohl das Zufällige als auch das Regelmäßige erklären. Somit wird den Dingen nur ein so geringes Maß an Bewusstsein zugesprochen, wie es zur Erfüllung der jeweiligen Funktion notwendig ist. Erst wenn das Kind im Alter von ca. 11 oder 12 Jahren das formal-operationale Stadium<sup>17</sup> erreicht hat und in der Lage ist, einen physikalischen Determinismus zu erkennen, wird diese von Piaget sogenannte *moralische Notwendigkeit* (Piaget 1999, S. 200ff.) in den Erklärungsmustern überwunden.

Voraussetzung für die Überwindung des kindlichen Animismus ist die fortschreitende Bewusstwerdung des kindlichen Ichs:

„Im gleichen Maße, wie sich das Kind seiner Persönlichkeit klar bewußt wird, spricht es den Dingen eine derartige Persönlichkeit ab. Im gleichen Maße, wie es seine eigene

---

<sup>16</sup> Piaget definiert den Begriff des Finalismus nicht näher. Vielmehr leitet er ihn aus den Antworten der befragten Kinder ab.

<sup>17</sup> Das formal-operationale Stadium ist das sogenannte vierte Stadium in der Theorie der geistigen Entwicklung nach Jean Piaget. Kinder, die dieses Stadium erreicht haben, können kombinatorische Systeme aufbauen, die als Basis systematischer Hypothesenbildung und planvollen Experimentierens gelten. Das formal-operatorische Denken geht dabei über vorgegebene Informationen hinaus. Auch aus Beobachtungen abstrahierte Einflussvariablen und deren Kombinationen gewinnen zunehmend an Bedeutung. Zentrale Kennzeichen des formal-operatorischen Stadiums sind somit systematisches Vorgehen, hypothetisches Operieren und die Fähigkeit zu theoretischem und abstraktem Denken.

subjektive Tätigkeit entdeckt und spürt, wie schwierig es ist, deren Inhalt erschöpfend zu verstehen, spricht es den Dingen das Selbstbewusstsein ab.“ (Piaget 1999, S. 214).

Heute wird der kindliche Animismus differenzierter betrachtet, als es Piaget selbst getan hat. Mit einer Kritik an seinen Methoden, nämlich der ausschließlichen Berücksichtigung mündlicher Äußerungen der Kinder, ist schon früh eine Revision seiner Erkenntnisse einhergegangen.<sup>18</sup>

Brown & Thouless (1965) stellen in empirischen Untersuchungen fest, dass Animismus und Anthropomorphismus keine Phänomene sind, die sich nur auf eine frühe kindliche Kognitionsstufe beziehen lassen. Auch bei Erwachsenen finden sich immer wieder animistische Äußerungen, die mit Piagets Theorie des Animismus nicht im Einklang stehen. Sie gehen davon aus, dass Animismen häufig auch metaphorisch gebraucht werden und somit eher ein sprachliches Phänomen darstellen.

Brown & Thouless zeigen, dass insbesondere Naturwissenschaftler animistische Deutungen bestimmter Phänomene vornehmen, obwohl gerade sie sich durch eine kognitive Entwicklung auszeichnen, die eine Überwindung animistischer Deutungen nach sich ziehen müsste.<sup>19</sup> Wenn nun die metaphorische sprachliche Leistung von Animismen ausgeklammert wird, besteht die Gefahr, in psychologischen Tests dieses Phänomen allein der kognitiven Entwicklung zuzuschreiben.

„If it is argued that Eddington was only speaking metaphorically when he spoke of an electron „knowing,“ he was certainly using language in a way that would be regarded as diagnostic of animistic thinking by a psychologist making a test of thought processes.“ (Brown & Thouless 1965, S. 35).

Brown & Thouless nehmen Ergebnisse neuerer Untersuchungen vorweg, indem sie vermuten, dass insbesondere das Vorwissen eine zentrale Rolle in der Verwendung von Animismen spielt. Wenn Kinder z.B. entsprechend unterrichtet würden und dadurch komplexere Konzepte über Belebtes und Unbelebtes erlangen würden, zöge das bei ihnen eine frühere Überwindung animistischer Betrachtungen nach sich, als es Piaget für

---

<sup>18</sup> Pauen (1997) bietet einen ausführlichen Überblick der Animismusforschung in der Nachfolge Piagets. Sie zeigt auf, wie stark unterschiedliche Ergebnisse der Animismusforschung auf methodische Divergenzen zurückzuführen sind. Neben der Form der Datenerhebung und -auswertung beeinflusst auch die Art der Fragestellung die Befunde sehr stark.

Einen etwas älteren, aber ebenso ergiebigen Überblick über die Animismusforschung in der Folge Piagets im angloamerikanischen Raum bieten Looft & Bartz (1969).

<sup>19</sup> So führen sie als ein Beispiel Eddington an, der animistische Sprache verwendet, wenn er z.B. sagt, dass „an electron would not know how large it ought to be unless there existed independent lengths in space for it to measure itself against.“ (Brown & Thouless 1965, S. 35).

möglich hält. Die Überwindung des kindlichen Animismus im Alter von ca. 12 Jahren kann demnach früher als von Piaget angenommen stattfinden.

Auch neuere Untersuchungen zeigen, dass sich ein latenter Animismus bis ins Erwachsenenalter und somit lebenslang zeigt, wenn auch nur als Rudiment. Pauen (1997) fasst die Ergebnisse zahlreicher empirischer Untersuchungen zusammen und stellt fest, dass neben dem Vorwissen auch die verbalen Fähigkeiten und der kulturelle Hintergrund wesentlich die Häufigkeit animistischer Deutungen determinieren. So interpretieren z.B. Naturvölker ihre Umwelt häufiger animistisch als westliche Industrienationen. Pauen verdeutlicht, dass sich neuere theoretische Ansätze von der Animismushypothese Piagets in zwei zentralen Punkten unterscheiden:

„Zum einen tragen sie der Tatsache Rechnung, daß Kinder offensichtlich sehr viel früher damit beginnen, systematische Unterschiede zwischen Lebewesen und unbelebten Objekten zu entdecken, als Piaget dies vermutet hatte. Zum anderen werden Kategorisierungsfehler von jüngeren Kindern nicht auf deren egozentrisches Denken, sondern auf Wissensdefizite zurückgeführt.“ (Pauen 1997, S. 113).

Dass der letzte Aspekt allgemeingültig ist und sich auch noch im Erwachsenenalter zeigen kann, muss nicht näher erläutert werden.

Buggle & Westermann-Duttlinger (1988) haben ebenfalls verschiedene empirische Untersuchungen zum Animismus ausgewertet und stellen als zentrales einheitliches Ergebnis fest, dass animistische Reaktionsweisen auf allen untersuchten Altersstufen auszumachen sind. Allerdings prägen sie nie universell das (kindliche) Denken, sondern finden sich nur partiell neben materialistisch-naturwissenschaftlichen Auffassungsweisen.

### **2.2.2 Animismus bei der Vermittlung naturwissenschaftlicher Phänomene**

Bei der Vermittlung naturwissenschaftlicher Phänomene wird unter dem Begriff des Animismus im Gegensatz zum Piagetschen Begriff des kindlichen Animismus eine Beseelung der unbelebten Natur mittels Analogie- und Metaphernbildung verstanden. Dadurch soll eine Brücke gebildet werden zwischen der Erfahrungswelt der Schüler und dem für sie oftmals noch unbekanntem Bereich der unbelebten Phänomene. Dieses gelingt durch eine Übertragung vertrauter Eigenschaften der belebten Natur auf Phänomene der unbelebten Natur, sei es, dass die Phänomene beseelt werden, ein Bewusstsein

zugesprochen wird oder dass ein körperlicher Bezug hergestellt wird. Werden menschliche Eigenschaften übertragen, spricht man auch von Anthropomorphismen. Animismen und Anthropomorphismen sind zur Beschreibung naturwissenschaftlicher Phänomene nicht unüblich. So führt Miller für den Bereich der Chemie an:

„Molecular anthropomorphism is often used in chemistry, especially organic chemistry, to describe the properties of compounds or the characteristics of their reactions.” (Miller 1992, S. 141).

Auch Watts & Bentley (1994) verdeutlichen, dass anthropomorphistische und animistische Erklärungen zu mächtig sind, als dass sie verworfen werden sollten. Sie dienen Lehrern als Lernhilfe für ihre Schüler und generieren bei letzteren ein Verständnis für die unbelebte Natur, indem in den Erklärungen die Erfahrungswelt und die Sprache der Schüler stärker berücksichtigt werden.

### **2.2.3 Kategorisierung der Animismen**

Allgemein kann man Animismen in die Gruppen der sprachlichen und der bildlichen Animismen einteilen. Während sprachliche Animismen sehr häufig in der chemischen Literatur anzutreffen sind, erscheinen bildliche Animismen nahezu ausschließlich in populärwissenschaftlicher Literatur oder Arbeitsmaterialien der Primarstufe. Im Bereich der Sekundarstufe sind sie nur in Ausnahmen anzutreffen, in neueren Schulbüchern zeichnet sich jedoch in den letzten Jahren ein vermehrter Einsatz ab.

#### **2.2.3.1 Sprachliche Animismen**

Sprachliche Animismen werden bei der Vermittlung naturwissenschaftlicher Phänomene häufig verwendet. Insbesondere bei der frühkindlichen Hinführung zu naturwissenschaftlichen Phänomenen, wie sie in der Vor- und Grundschule stattfindet, ist dies zu beobachten. Doch auch Experten verfallen immer wieder in eine animistische Redeweise, und dies nicht nur Laien gegenüber sondern auch im Gespräch untereinander.

Sprachliche Animismen lassen sich in verschiedene Kategorien einteilen. Häufig begegnet man Animismen, die emotionale Eigenschaften zuschreiben oder einen emotionalen Bezug herstellen. Jeder Chemiker kennt Ausdrücke wie z.B. „*das Molekül hat ein*

*bestimmtes Milieu gerne*“, „*das Atom befindet sich in einem angeregten Zustand*“ oder „*die Reaktionspartner fühlen sich wohl.*“

Auch „*aggressive Säuren*“ oder andere martialische Begriffe wie „*angreifende Radikale*“ oder „*Schutzgruppen*“, die häufig in der Komplexchemie anzutreffen sind, lassen keinen Zweifel aufkommen, welche Funktion die Substanzen in chemischen Reaktionen übernehmen.

Sich „*anziehende*“ oder „*abstoßende*“ Reagenzien oder auch „*träge Moleküle*“ sowie ein metallischer oder auch aromatischer „*Charakter*“ liefern ein Spiegelbild menschlicher Verhaltensweisen.

Weiterhin sind finale Eigenschaftsmerkmale möglich, wenn z.B. ein System „*versucht, einen Zustand niedriger Energie zu erreichen*“ oder „*ein Atom nach Edelgaskonfiguration strebt*“.

Im submikroskopischen Bereich werden zudem Animismen benutzt, die eine bestimmte Aktivität beschreiben. Proteine in Zellmembranen „*transportieren*“ Ionen an den gewünschten Ort und auch Reaktionen „*laufen*“ unter bestimmten Bedingungen nur in eine Richtung ab.

Auch direkt Gestalt annehmende oder einen körperlichen Bezug herstellende Animismen sind insbesondere in der Primarstufe üblich. Atome, die „*ihre Arme ausstrecken*“, oder „*dickbäuchige Wassertropfen*“ sind Beispiele für diese Gruppe.

Die Anekdote um Kekulé, dass ihm die Struktur des Benzols im Traum eingefallen sei, ist wahrscheinlich jedem Chemiker bekannt. Er träumte von tanzenden Wesen, die sich schließlich in einem Ring zusammen fanden und sich an den Händen anfassten. Ob die Anekdote der Wahrheit entspricht, spielt an dieser Stelle keine Rolle, doch kann angenommen werden, dass sie schon vielen Schülern hilfreich war, um sich die Struktur des Benzols vorzustellen.

Lück (2001) verdeutlicht, dass viele Fachtermini ebenfalls animistische Ursprünge haben, ohne dass es direkt auffällig erscheint. Begriffe wie „*nucleophil*“ oder „*hydrophob*“ gehören ebenso zum alltäglichen Sprachgebrauch des Chemikers wie z.B. „*Akzeptor*“, „*Donator*“ oder „*in statu nascendi*.“

Einige Elementnamen können als animistische Allegorien verstanden werden, deren Ursprünge oftmals in der Mythologie liegen (Riedel 1994, S. 863ff). Kobalt (Co) wurde nach dem Namen *Kobold* für Berggeist benannt. So konnten Bergleute kein brauchbares Metall aus den Kobalterzen gewinnen. Beim Rösten traten wegen des Arsengehalts un-

angenehme Gerüche auf, die auf das Wirken der Berggeister zurückgeführt wurden. Nickel (Ni) ist nach dem Berggeist *Nickel* benannt, da Bergleute Nickelerze für vom Nickel verhexte Kupfererze hielten. (Riedel 1994, S. 863f; Gerlach 1992, S. 30).

Namentlich „göttlichen Ursprungs“ sind die Elemente Promethium (nach dem griechischen Gott Prometheus), Thorium (nach dem nordischen Gott Thor), Vanadium (nach dem Beinamen Vanadis der nordischen Göttin der Schönheit Freya) und Titan (nach dem Göttergeschlecht der Titanen). Nach der Sagengestalt Tantalos ist Tantal benannt. So löst sich  $Ta_2O_5$  nicht in Säure und muss daher „schmachten und kann seinen Durst nicht löschen“ wie der bestrafte Tantalos (Riedel 1994, S. 865f).

Quecksilber verdankt seinen Namen seiner leichten Beweglichkeit (Quick-Silber) und seinem Silberglanz. *Mercur* im Französischen oder *mercury* im Englischen erinnern an den ebenso beweglichen Götterboten Merkur (Gerlach 1962, S. 30).

Die aufgeführten Beispiele verdeutlichen, dass in der Chemie offensichtliche aber auch versteckte Animismen allgegenwärtig sind, deren Bezug jedoch vielen nicht mehr geläufig ist.

Mittasch sieht in einigen anschaulichen Fiktionen<sup>20</sup> der Naturwissenschaften oftmals Produkte einer höheren Entwicklungsstufe, die auf animistischen Anschauungen beruhen. Wenn er den Begriffen der *Ladung*, *Spannung* und *Elektronenwanderung* die poetisch-mythischen Bilder wie z.B. *Thors Hammer* oder *Zeus' Donnerkeil* gegenüberstellt, dann sieht er in ersteren nur eine Art sekundärer Anschaulichkeit, die sich aus der wissenschaftlichen Fortentwicklung ergeben hat (Mittasch 1936, 1937).

Sachsse ist davon überzeugt, dass Fiktionen (und somit in gewisser Hinsicht auch Animismen) Intuition und rational-diskursives Denken vereinen, wie Scharf & Gröger (1996) bemerken. Während sich die rationale Erkenntnis durch Kalkül und Berechnung auszeichnet und logisch, intersubjektiv gültig und quantitativ aufzufassen ist, stellt sich das intuitive Erfassen außerlogisch dar, qualitativ und spezifisch subjektiv verstehbar. Durch Fiktionen werden beide Betrachtungsweisen vereint und dienen somit als „Mittler zur Überwindung einseitiger Sichtweisen.“ (Scharf & Gröger 1996, S. 53).

---

<sup>20</sup> Hinter dem Begriff der *Fiktionen*, wie Mittasch (1937) ihn geprägt hat, verstecken sich u. a. auch Animismen und Anthropomorphismen. Er definiert Fiktionen als „Verstandes- oder Vorstellungsvehikel von heuristischem Wert, (...) oftmals idealisierend und personifizierend.“ (Mittasch 1937, S. 423). Die auftretenden vermenschlichenden Fiktionen, die er „Anthropismen“ und „Hominismen“ nennt, knüpfen sich analogisierend an menschliche Tätigkeiten. Er führt dies allgemein auf das Denken und die Sprache zurück, die notwendigerweise an menschliche Anschauungsformen gebunden sind.

Sprachliche Animismen dienen jedoch nicht nur der Vermittlung naturwissenschaftlicher Phänomene. Wie die Veröffentlichung *Humoristische Chemie* von Jakobi und Hopf (2004) zeigt, lässt sich durch sie auch Heiteres und Humoristisches aus dem Wissenschaftsalltag näher bringen. Dabei wird aber, wenn auch auf unkonventioneller Weise, Wert auf eine korrekte Darstellung der Phänomene gelegt. Im folgenden Beispiel wird die Bildung eines  $\sigma$ -Komplexes im Rahmen der elektrophilen aromatischen Substitution anthropomorphistisch und humoristisch umschrieben:

„Der  $\sigma$ -Komplex kann als Verlobungsphase angesehen werden, der sich schließlich mit der Heirat zum Paar stabilisiert. Dabei ist bemerkenswert, daß diese Stabilisierung nicht erreicht werden kann, ohne daß beide Partner einen Teil ihrer Persönlichkeit aufgeben. (...) Man sieht also, daß eine Ehe ohne Kompromisse unmöglich ist.“ (Jakobi & Hopf 2004, S. 37).

Neben sprachlichen Animismen, die im Fokus dieser Arbeit stehen, werden in geringerem Ausmaß auch bildliche Animismen berücksichtigt.

### 2.2.3.2 Bildliche Animismen

Bildliche Animismen finden sich insbesondere in populärwissenschaftlicher (Kinder- und Jugend-) Literatur.<sup>21</sup> Vereinzelt erscheinen sie aber auch in Lehrmaterialien des vor- oder fröhschulischen Unterrichts. Moleküle erhalten in diesen Bildern oftmals körperliche Merkmale wie z.B. lächelnde Gesichter oder Arme, die eine potenzielle Molekülbindung darstellen sollen. Da in dieser Altersstufe die Liste der erlaubten und verwendbaren chemischen Substanzen sehr klein ist, sind insbesondere Wassermoleküle in animistischen Bildern vertreten. Im Folgenden sind einige Beispiele aus Büchern und anderen Lehrmaterialien der Primarstufe aufgeführt.

---

<sup>21</sup> Aber auch Fachwissenschaftler erfreuen sich an bildlichen Animismen. Wie sonst wäre zu erklären, dass Bücher wie z.B. *Die wundersame Welt der Atomis* (Evers 2002) in dem für seine fachwissenschaftlichen Veröffentlichungen bekannten WILEY-VCH Verlag erscheinen.

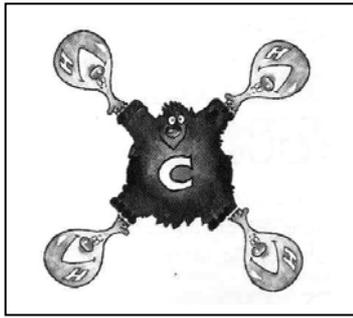


Abb. 3: Animistische Darstellung von Methan.<sup>22</sup>



Abb. 4: Animistische Darstellung fließenden Wassers<sup>23</sup>

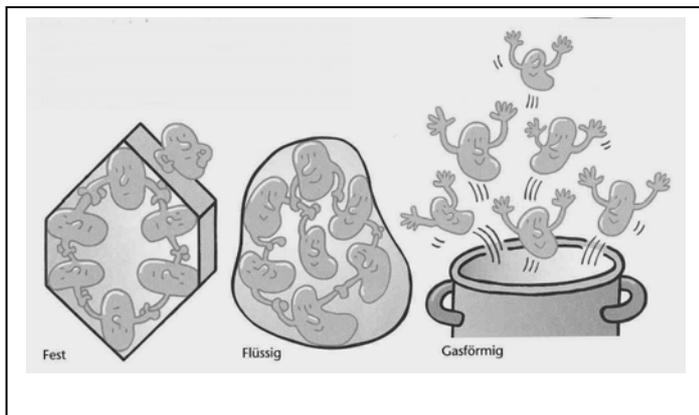


Abb. 5: Animistische Darstellung der unterschiedlichen Aggregatzustände<sup>24</sup>

---

<sup>22</sup> In: Verband der Chemielehrer Österreichs (Hg.), Heureka. Ausgabe Sommer 1996. Seeham 1996. S. 21.

<sup>23</sup> In: Greifnieder, U., Schiemann, H.: Dick entdeckt das Wasser. Umweltbuch zum Spielen und Lernen. Aachen 1997. S. 19.

<sup>24</sup> In: Bömer, B. et al. (Hg.): NAWIgator 1/2. Stuttgart 2001. S. 209.

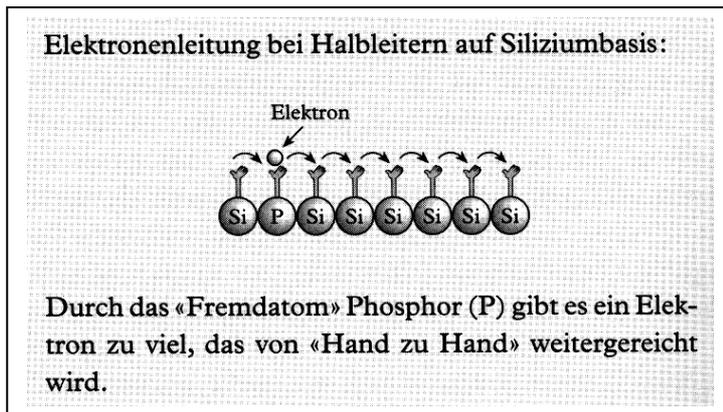


Abb. 6: Animistische Darstellung der Elektronenleitung in Halbleitern<sup>25</sup>

Im Bereich der Sekundarstufen I und II sind animistische Darstellungen nur noch sehr selten in Schulbüchern anzutreffen. Es überwiegen als bildliche Elemente eher Zeichnungen von Versuchsaufbauten oder Fotos großindustrieller Anlagen.<sup>26</sup> Dennoch lassen sich auch hier einige Beispiele finden, wie bereits Lück (2004) aufgezeigt hat.

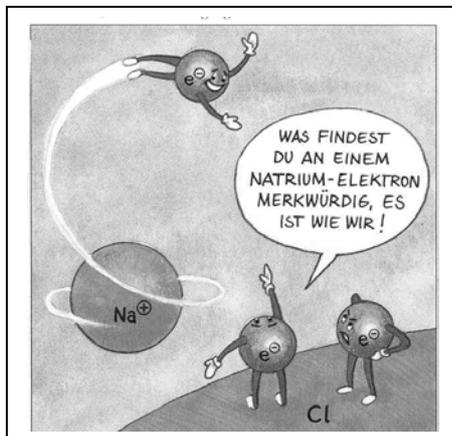


Abb. 7: Animistische Darstellung der Bildung eines NaCl-Ions<sup>27</sup>

---

<sup>25</sup> In: Griebhammer, R.: Ätzend. Ein Chemiebuch. Berlin 2000. S. 168.

<sup>26</sup> Als Beispiel seien hier genannt: Eisner, W. et al: elemente chemie. Nordrhein-Westfalen 9/10. Unterrichtswerk für Gymnasien. Stuttgart 2004; Bäurle, W. et al: umwelt: chemie. Gesamtband. Stuttgart 2003; Blume, R. et al.: Chemie für Gymnasien. Sekundarstufe I. Länderausgabe C. Berlin 2001.

<sup>27</sup> Fichtner, E., Liening, B., Thomas, W.: Lehrbuch der Chemie SI. Frankfurt/Main 1994. S. 140.

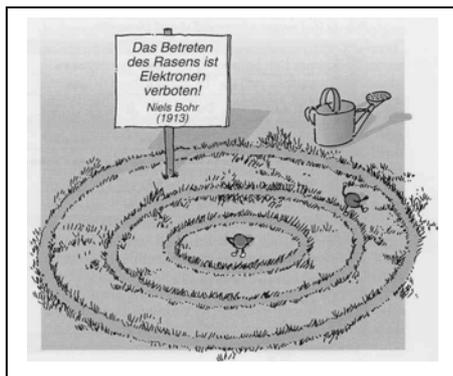


Abb. 8: Animistische Darstellung des Bohrschen Postulats<sup>28</sup>

Animistische Darstellungen sind bei Schülern der höheren Jahrgangsstufen jedoch sehr beliebt. Werden Schüler aufgefordert, ihr Bild von der Chemie zu malen, haben diese häufig animistischen Charakter. Die nachfolgenden Beispiele stammen von 10-16-jährigen Schülern, die im Rahmen des von der IUPAC inszenierten Projekts *It's a Chemical World* ihr persönliches Bild von der Chemie malen sollten.<sup>29</sup>

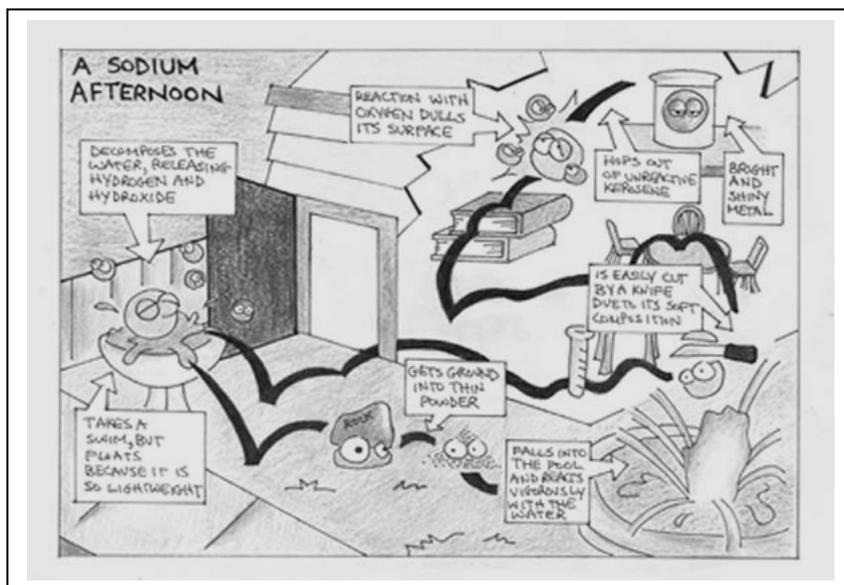


Abb. 9: „A Sodium Afternoon” (Harry Li)<sup>30</sup>

---

<sup>28</sup> Ebd. S. 123.

<sup>29</sup> <http://www.iupac.org/news/archives/2003/PUC-scienceacross.html> (eingesehen am 23.07.2004).

<sup>30</sup> [http://www.iupac.org/images/2003competition/entries/74\\_Li.html](http://www.iupac.org/images/2003competition/entries/74_Li.html) (eingesehen am 23.07.2004).

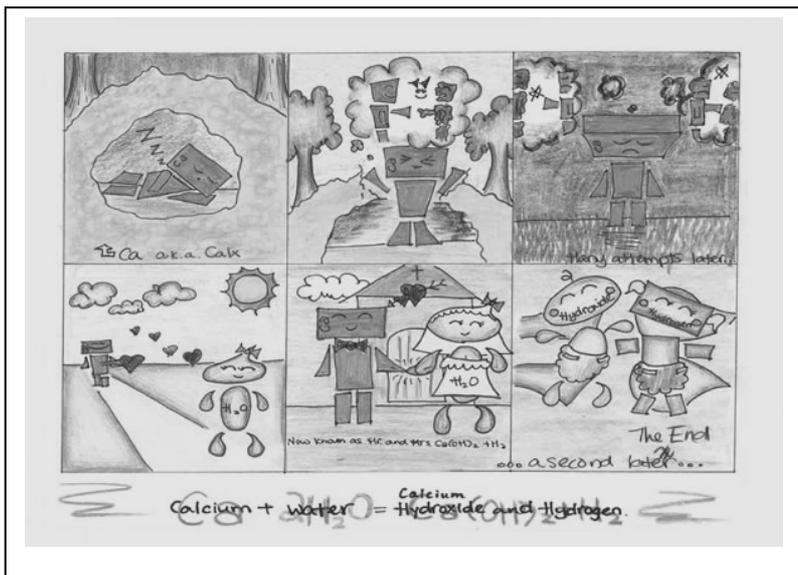


Abb. 10: „Calcium“ (Antoinette Tsang)<sup>31</sup>

Dass jedoch auch Fachwissenschaftler bildliche Animismen verwenden, macht der Physikochemiker Suhm der Universität Göttingen mit seiner Arbeitsgruppe deutlich. Unter dem Begriff *Molekularsoziologie* setzt er molekulare Wechselwirkungen analogisierend zum zwischenmenschlichen Bereich. Dabei benutzt er eine Vielzahl bildlicher Animismen, welche die molekularsoziologischen Besonderheiten augenzwinkernd verdeutlichen sollen<sup>32</sup>, begleitet von animistischen Erläuterungen.

Über die Lernwirksamkeit von Bildern und die potenzielle kognitive Funktion bildlicher Animismen wird an späterer Stelle ausführlicher diskutiert (Kap. 2.4.5).

### 2.3 Animistische Vermittlung im fachdidaktischen Diskurs

Die Verwendung von Animismen wird derzeit in der Naturwissenschaftsdidaktik nicht diskutiert. Lück (2001, 2004) zeigt deutlich auf, dass man schon in die 70er Jahre zurückgehen muss, in denen in der Biologiedidaktik eine – allerdings heftige – Kontroverse zu diesem Thema zu finden ist. In dieser Zeit wurde der Ruf nach einer stärkeren Verwissenschaftlichung der Schulfächer laut. Die Verwendung von Animismen galt

<sup>31</sup> [http://www.iupac.org/images/2003competition/entries/82\\_Tsang.html](http://www.iupac.org/images/2003competition/entries/82_Tsang.html) (eingesehen am 23.07.2004).

<sup>32</sup> [www.molekularsoziologie.de](http://www.molekularsoziologie.de) (eingesehen am 30.11.2004).

infolgedessen als nicht akzeptabel und hinderlich in der Förderung eines naturwissenschaftlichen Verständnisses.

Im Folgenden werden die kontroversen Positionen über die Verwendung von Animismen im naturwissenschaftlichen Unterricht genauer nachgezeichnet, die Lück (2001) als Erste zusammengetragen hat und auf deren Ausführungen der folgende Teil verstärkt beruht.

Der Ruf nach einer stärkeren Verwissenschaftlichung der Schulfächer, die insbesondere auf dem cartesianischen Naturbild beruht (vgl. Kap. 2.3.1), führte zu einer stark ablehnenden Haltung gegenüber einer Verwendung von Animismen und Anthropomorphismen. Insbesondere in der Biologiedidaktik wird diese Haltung deutlich. Da sich das Schulfach Biologie verstärkt mit der belebten Natur befasst, sollen falsche Emotionalisierungen vermieden werden.

Vogel sieht es als eine für den Grundschullehrer „nicht leichte, aber dankbare Aufgabe (an), das Kind aus seiner Rolle der Identifikation herauszuholen, d.h. die Anthropomorphismen abzubauen und durch ein echtes Verständnis tierischen Verhaltens zu ersetzen.“ (Vogel 1978. S. 98). Nur durch den vollständigen Abbau der Anthropomorphismen kann seiner Meinung nach einer Verharmlosung tierischer Eigenschaften und Verhaltensweisen entgegengewirkt werden.

Ebenfalls fordert Bäuml-Roßnagl den „Abbau der affektiven Identifikation der Kinder mit den Dingen, bei kindlichen Formen der Anthropomorphisierung, Personifikation oder Allegorisierung von Pflanzen und Tieren.“ (Bäuml-Roßnagl 1979. S. 58). Ihre Forderung basiert auf den kognitionspsychologischen Überlegungen Piagets. Da mit zunehmendem Alter eine qualitative Veränderung des Denkens sichtbar wird, indem die Fähigkeit deutlich wird, die objektive Realität von den subjektiven Bedürfnissen und Vorlieben zu trennen, muss diese Entwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht berücksichtigt werden.

Dass man durch die „Vernachlässigung“ des subjektiven Denkens aber einen affektiven Zugang zu naturwissenschaftlichen Phänomenen möglicherweise verhindert, wird weder von Vogel noch von Bäuml-Roßnagl diskutiert.

Etwas früher aber umso rigoroser argumentiert Schultze-Frentzel (1950), der die Frage der Anthropomorphismen nicht nur als biologisches oder didaktisches Problem betrachtet, sondern auch als weltanschauliches:

„Wer noch einem primitiven magisch-dämonischen Weltbild verhaftet ist, wird eine andere Stellung zu ihr beziehen als derjenige, der sich bereits zu einer wissenschaftlichen Weltanschauung durchgerungen hat. Für einen Lehrer, der wissenschaftlichen Unterricht erteilen will, darf es in dieser Hinsicht allerdings kein Schwanken geben. Er hat sich eindeutig auf die Seite der Wissenschaft zu stellen und den Kampf gegen Vorurteile, Mystizismus und Aberglauben aufzunehmen.“ (Schultze-Frentzel 1950, S. 33).

Wie gezeigt werden konnte, wird die Verwendung von Animismen bzw. Anthropomorphismen in den Naturwissenschaften vorwiegend scharf kritisiert. Insbesondere wird diskutiert, ob durch den bewussten didaktischen Einsatz von Animismen im Chemieunterricht nicht falsche Vorstellungen hervorgerufen werden, die im weiteren Verlauf nur erschwert abgebaut werden können.

„Vorstellungen, aus völlig wesensfremden Bereichen entlehnt, belasten mit emotionalen Bezügen und blockieren – unter Umständen für lange Zeit – das fachangemessene Verständnis. Wer solche Vereinfachungen für nötig hält, muss sich fragen lassen, ob der Lerninhalt, der damit verdeutlicht werden soll, überhaupt angemessen ist. Von fachlicher Richtigkeit und der Frage nach der Zulässigkeit von ‚Falschem‘ kann in diesem Falle keine Rede sein.“ (Bauer, Bader 2002, S. 189).

Die Diskussion über die angemessene Vermittlung der Lerninhalte führt infolgedessen zu zwei zentralen Forderungen an die Lehrer. Entweder sollen sie die animistischen und anthropomorphistischen Ideen der Schüler ignorieren und abwarten, bis diese von allein verblasen. Oder aber sie sollen neue herausfordernde oder widerspruchsliefernde Ideen in den Unterricht einbringen, so dass eine Umstrukturierung in den Gedanken der Schüler forciert wird. In beiden Ansätzen werden Schülerideen nicht angemessen berücksichtigt (Watts, Bentley 1994, S. 84).

Rückendeckung erhalten solche Forderungen aus den sogenannten „harten Naturwissenschaften“, wie z.B. aus der Physik. Schrödinger (1966) verdeutlicht, dass in der Physik eine Unabhängigkeit von menschlichen Stimmungen angestrebt wird, die partiell so weit geht, dass der menschliche Aspekt und insbesondere Anthropomorphismen aus der Physik komplett auszuschließen sind.

Neben allen genannten Vorbehalten gegenüber Animismen sind jedoch auch Gegenpositionen zu beobachten. Sowohl in der Fachdidaktik als auch in der sprachwissenschaftlichen Diskussion (Animismen als Metaphern) werden auch positive Standpunkte hinsichtlich einer animistischen Vermittlung vertreten.

Als ein Beispiel sei hier Haccius (1950) erwähnt, die für eine differenziertere Betrachtung über die Verwendung von Animismen bzw. Anthropomorphismen im Biologieunterricht plädiert. Während sie unzulässige Anthropomorphisierungen ablehnt, mit denen Tieren oder Pflanzen ethisch-moralische Eigenschaften (*der listige Fuchs* oder *die diebische Elster*) zugesprochen werden, sind ihrer Meinung nach Vergleiche oder Bilder erlaubt, die Kindern schwer verständliche Erscheinungen der Natur anschaulich vermitteln.<sup>33</sup>

Ähnlich äußert sich Etschenberg (1994). Auch sie verdeutlicht die Gefahr eines unreflektierten Gebrauchs von Anthropomorphismen. Natürliche Vorgänge nach menschlichen Maßstäben zu bewerten, insbesondere tierisches Aussehen nach ästhetischen Gesichtspunkten zu beurteilen (*eklige Spinne* oder *hässliche Kröte*), tierisches Verhalten nach moralischen Gesichtspunkten zu charakterisieren sowie planvolles Handeln, individuelle Verhaltensmotive oder Gefühlsregungen im Tierreich zu unterstellen, bewertet sie kritisch.

Tierisches Verhalten korrekt darzustellen, nämlich als instinktgesteuertes und auf dem Reiz-Reaktionsmuster beruhendes Handeln, ist dennoch durch einen bewussten Umgang mit Anthropomorphismen zu erreichen. Etschenberg führt den Begriff der *empathetischen Grundhaltung* ein und leitet diesen von dem Begriff der „Empathie“ ab, welcher für das einführende Verständnis des Therapeuten für den Patienten steht. Sie möchte ein ähnliches Verständnis in der Beziehung Mensch - Tier erreichen. Durch den bewussten Umgang mit Anthropomorphismen im Biologieunterricht will sie einen verantwortungsvollen Umgang des Menschen zu den Tieren generieren, die in seinem Verantwortungsbereich liegen, also insbesondere zu den Heim- und Nutztieren. Nur wenn Kinder die Frage nach einem richtigen und moralisch vertretbaren Umgang mit Tieren erkennen und „ernst nehmen, sind sie motiviert, Heimtiere angemessen zu pflegen, Nutztiere (bis zur Schlachtung!) vor vermeidbaren Leiden zu schützen und überflüssige Tierversuche abzulehnen.“ (Etschenberg 1994, S. 116).

Der bewusste Umgang mit Animismen bzw. Anthropomorphismen gewinnt hier neben einer erkenntniserschließenden Bedeutung auch moralische Relevanz.

---

<sup>33</sup> Als Beispiel erläutert sie den Nestbau der Schwalben mit Hilfe ihres Speichels und stellt diesem den Bau einer Mauer mit Hilfe von Mörtel gegenüber.

Lück (2001, 2004), die sich als eine der Ersten im deutschsprachigen Raum mit der Rolle des Animismus bei der Vermittlung chemischer Sachverhalte auseinandersetzt,<sup>34</sup> versucht rückblickend die Ursachen der dargestellten Diskussion tiefergehend zu rekonstruieren. Die eher ablehnende Haltung gegenüber animistischer Vermittlung beruht auf vier zentralen Anschauungen, die sie als Hypothesen zur Diskussion stellt.

In der philosophischen Tradition, insbesondere seit der cartesianischen Wende, wurden rhetorische Mittel, zu denen Animismen auf Grund ihres metaphorischen Charakters zählen, lange Zeit lediglich als Instrument eines leichteren Textzugangs, aber nicht als Mittel des Erkenntnisgewinns akzeptiert. Damit einhergehend wurde eine streng wissenschaftliche Sprache ohne Verwendung von Tropen<sup>35</sup> gefordert.

Diese Tendenz zur Verwissenschaftlichung zeigt sich auch in einem Paradigmenwechsel in den 70er Jahren. Animismen werden wegen ihrer mangelnden Wissenschaftlichkeit abgelehnt und sollten insbesondere in der Vermittlung naturwissenschaftlicher Inhalte vermieden werden.

Zudem wird eine animistische Naturinterpretation als zu überwindende defizitäre Kognitionsstufe angesehen. Lück weist in diesem Zusammenhang auf Untersuchungen an Hirnverletzten und schwächer begabten Populationen in den 40er und 50er Jahren hin. Die Ergebnisse zeigten signifikant häufiger animistische Naturinterpretationen in diesen Bevölkerungsgruppen auf (Werner, Carrison 1944).<sup>36</sup> Des Weiteren werden animistische Äußerungen mit verschiedenen Arten schizophrener Denkens in Verbindung gebracht. Insbesondere wenn konventionelle Kategorisierungen falsch verwendet werden oder linguistische Bereichsgrenzen von schizophrenen Patienten überschritten werden (Searles 1962). Animistische Denkweisen werden demzufolge als „pathologische Indikatoren“ menschlichen Abstraktionsvermögens betrachtet.

Auch die Ausführungen Piagets zum kindlichen Animismus haben wohl zu einer Ablehnung der Animismen im Unterricht beigetragen. So gelten bei ihm die aufeinander-

---

<sup>34</sup> Wagenschein (1965, 1971, 1982) diskutiert zwar auch die Rolle einer animistischen Vermittlung, bezieht seine Ausführungen jedoch ausschließlich auf den Bereich der Physik. Ansonsten werden animistische Modelle und ihre Verwendung bei der Vermittlung chemischer Sachverhalte eher als Unterkategorie allgemeiner modellhafter Vermittlung betrachtet (z.B. von Haupt 1990).

<sup>35</sup> In der Rhetorik werden unter der Bezeichnung Tropen sprachliche Ausdrucksmittel uneigentlicher Rede verstanden, d.h. Begriffe, die in einem übertragenen Sinn gebraucht werden.

<sup>36</sup> Looft & Bartz (1969) verweisen auch auf einige Studien mit geistig zurückgebliebenen Erwachsenen, in denen zum Ausdruck kommt, dass sich diese Personen in ihren Erklärungsschemata näher an der animistischen Naturinterpretation von Kindern befinden als an den Erklärungsschemata normal entwickelter Erwachsener. Man sollte diese Ergebnisse jedoch sehr behutsam interpretieren, insbesondere da sie aus den 40er Jahren stammen und folglich viele klinische Erkenntnisse neueren Datums nicht berücksichtigen konnten.

folgenden Kognitionsstufen als erstrebenswerte Entwicklung und damit die animistische Phase als zu überwindender Übergang (Piaget 1999).

Im Folgenden werden die dargestellten Hypothesen Lücks genauer überprüft, wobei insbesondere die philosophische Tradition und der Einfluss der Theorie der kognitiven Entwicklung nach Piaget besondere Berücksichtigung finden.<sup>37</sup>

Dabei stellt sich die Frage, ob sich die Vorbehalte gegenüber einer animistischen Vermittlung ohne weiteres aufrecht erhalten lassen, oder ob nicht gegebenenfalls Positionen aufgezeigt werden können, die eine animistische Vermittlung legitimieren.

### **2.3.1 Der philosophische Diskurs über eine angemessene Sprache in den Naturwissenschaften**

In der philosophischen Tradition lässt sich der Vorbehalt gegen eine animistische bzw. anthropomorphistische Weltsicht mit Beginn der cartesianischen Wende (die Hinwendung zum Erfahrbaren) deutlich nachzeichnen. Zwar werden die Begriffe Animismus und Anthropomorphismus nicht direkt in ihrem heutigen Sinn genannt. Wenn man sie aber als rhetorische Figuren in metaphorischer oder analogiebildender Funktion betrachtet, werden Vorbehalte und Kritik ihnen gegenüber erkennbar, wie im Folgenden gezeigt werden soll.

Der nachfolgende Überblick des philosophischen Diskurses über einen legitimen Sprachgebrauch in den (Natur-)Wissenschaften erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit. Dennoch lassen sich deutlich Positionen nachzeichnen, die auch heute noch diskutiert werden, insbesondere wenn es sich dabei um fachdidaktische Probleme einer angemessenen sprachlichen Vermittlung handelt.

#### ***Empirismus und Rationalismus***

Nieraad (1977) verweist auf den Umbruch in der Philosophie zu Beginn des 17. Jahrhunderts insbesondere in England. Die Protagonisten der (natur-)wissenschaftlichen Revolution wie Bacon, Locke oder Hobbes wollten die Sprache reformieren, um objek-

---

<sup>37</sup> Da im Zentrum der Arbeit die unterrichtliche Vermittlung naturwissenschaftlicher Inhalte im Vordergrund steht, werden die Untersuchungen an Hirnverletzten oder psychisch Erkrankten nicht weiter berücksichtigt.

tiv und eindeutig wissenschaftliche Erkenntnisse darstellen zu können. Die zu diesem Zeitpunkt vorherrschende elisabethanische und an Poesie und Prosa reiche Sprache, die durch Metaphern, Vergleiche und andere sprachliche Figuren durchsetzt war, konnte sich diesem Einfluss nicht widersetzen. Die neuen spezifischen kommunikativen Bedürfnisse der neuzeitlichen Wissenschaft ließen keinen Platz für sprachliche Stilblüten und versuchten diese zu umgehen (Nieraad 1977, S. 80ff).

Sachsse (1967) macht in diesem Zusammenhang auf die Paradigmenwende in den Naturwissenschaften in Folge der Renaissance aufmerksam. Während bis zu jenem Zeitpunkt die „causa formalis“ des Aristoteles im Zentrum des Erkenntnisprozesses lag, also die Frage nach dem „was“, dem Wesensbegriff, der Idee, vollzieht sich eine Hinwendung zum Erfahrbaren (cartesianische Wende).

### **Bacon**

Insbesondere für Bacon (1561-1626) als einer der Begründer des methodischen Empirismus steht die Bestimmung der „mittleren Ursachen“ im Vordergrund. In seinem Werk „Novum Organon“, in dem er eine neue wissenschaftliche Methode erörtert, verzichtet er darauf, die causa formalis metaphysisch und somit im aristotelischen Sinne zu verstehen und begnügt sich allein mit der Frage nach dem „wie“. Für Bacon stehen allein die Beziehungsgefüge und Zahlenverhältnisse im Mittelpunkt. Ihn interessiert, was in den Dingen selbst zu ersehen ist; ein transzendentaler Aspekt besitzt für ihn keine wissenschaftliche Relevanz.

Sachsse spricht in diesem Zusammenhang auch von einer „Säkularisierung der causa formalis“. Mit der Beschränkung auf das *Wie* geht für Sachsse ein Verzicht der Naturwissenschaft auf die vollständige Erfassung der Wirklichkeit einher. Das Interesse an dem, was wissenschaftlich ist, hat sich stark verändert und auf die Seite des empirisch Beobachtbaren hin verschoben (Sachsse 1967, S. 19f).

Bacons Forderungen bezüglich der Wissenschaften lassen sich unter anderem auf zwei zentrale Aspekte reduzieren: Erstens gilt als neuer Gegenstand für die Erkenntnis das Beobachtbare, was eine Hinwendung zu den Dingen nach sich zieht. Und zweitens gilt als Methode zur Gewinnung der Erkenntnis nur die bewusste und systematische Beobachtung. Diese muss mit einer bewussten Begriffsbildung verbunden sein (Sachsse 1967, S. 21).

Hinter dieser Forderung lässt sich ein empiristisch-sensualistisches Konzept erkennen. Sprache dient demnach allein der Etikettierung der Dinge, welche jedoch prinzipiell in ihrer „wahren Natur“ erkannt werden können. So fordert auch Galilei, dass Eigenschaftsbezeichnungen sich nach den Dingen zu richten haben und nicht umgekehrt, da die Dinge vor den Namen existierten (Nieraad 1977, S. 87).

Die Folgen für die geforderte wissenschaftliche Sprache sind offensichtlich und liegen insbesondere wie oben bereits erwähnt in der Vermeidung von Tropen, also auch in der Vermeidung von Metaphern (und im Speziellen von Animismen und Anthropomorphismen).<sup>38</sup> Wissenschaftstheoretisch werden Tropen also mit Beginn der Aufklärung skeptisch betrachtet. „Der Anspruch des Gedankens an sich, der Bedeutung des Wortes wird nun angefochten. Und jetzt ist auch das Ressentiment gegen das ‚Geschwätz‘ geboren.“ (Sachsse 1967, S. 22).

### **Locke**

Bacon bildet mit seinen sprachlichen und wissenschaftstheoretischen Forderungen keine Ausnahme. Sich auf die cartesianische Erkenntniskritik beziehend (vgl. untenstehende Ausführungen), fordert auch Locke (1632-1704), die figürliche Sprache aus den Bereichen der Wahrheitssuche zu verbannen. Insbesondere in den Wissenschaften würde die Sprache durch eine bildliche Ausdrucksweise missbraucht.

„Since Wit and Fancy finds easier entertainment in the World, than dry Truth and real Knowledge, *figurative Speeches*, and allusion in language, will hardly be admitted, as an imperfection or abuse of it. (...) But yet, if we would speak of Things as they are, we must allow, that all the Art of Rhetorick, besides Order and Clearness, all the artificial and figurative application of Words Eloquence hath invented, are for nothing else but to insinuate wrong Ideas, move the Passions,<sup>39</sup> and thereby mislead the Judgment; and so indeed are perfect cheat. And therefore however laudable and allowable Oratory may render them in Harangues and popular Addresses, they are certainly, in all Discourses

---

<sup>38</sup> Blumenberg verweist in diesem Zusammenhang auf die Gerichtsmetaphorik, die zu der damaligen Zeit einen besonderen Stellenwert einnahm und nicht mit der genannten Forderung einer eher tropenfreien wissenschaftlichen Sprache einherging. In dieser juristischen Bildprägung werden z.B. der *Philosoph zum Gesetzgeber*, die *Weltgeschichte zum Weltgericht* und das *Experiment zur Folterbank des Gegenstands* (Blumenberg 1981, S. 233f).

<sup>39</sup> Locke erkennt an dieser Stelle zwar den Einfluss affektiver Faktoren der Sprache, dass diese aber auch im kognitiven Prozess positiven Einfluss haben können, wird nicht berücksichtigt. Dieser Gedanke gewinnt erst in der Kognitionspsychologie Bedeutung (vgl. nachfolgendes Kap. 2.3.2).

that pretend to inform and instruct, wholly to be avoided; and where Truth and Knowledge are concerned, cannot but be thought a great fault.” (Locke 1975, S. 508).<sup>40</sup>

Etwas resigniert macht Locke jedoch darauf aufmerksam, dass auf figürliche Sprache nicht vollständig zu verzichten ist. Und figürliche Rede als didaktische Mittel des Erkenntnisgewinns zu betrachten, ist zu Beginn der Aufklärung nicht zeitgemäß:

„’Tis evident how much Men love to deceive, and be deceived, since Rhetorick, that powerful instrument of Error and Deceit, has its established Professors, is publicly taught. (...) And ‘tis in vain to find fault with those Arts of Deceiving, wherein Men find pleasure to be Deceived.” (Locke 1975, S. 508).<sup>41</sup>

### **Hobbes**

Hobbes (1588-1679) ist im naturwissenschaftlich-philosophischen Diskurs ebenfalls als ein Gegner figürlicher Rede zu erwähnen. Ebenso wie Locke fordert er, bei der Suche nach Wahrheit angemessene und klare Sprache zu benutzen und rhetorische Figuren zu vermeiden. Tropen, Metaphern und figürliche Rede haben ihmzufolge ihren Platz in der Poetik, in Preissagungen oder in der Gemeinsprache. Hobbes erkennt die „Gefahr“, die in der alltäglichen oder poetischen Sprache liegt; so kann sie zur bewussten Täuschung eingesetzt werden:

„Auch kann der Mensch, wenn es ihm beliebt – beliebt wird es ihm aber, sooft er meint, dass es für seine Absichten vorteilhaft ist – vorsätzlich Falsches Lehren, d.h. lügen, und die Mitmenschen den Bedingungen von Gemeinschaft und Frieden abgeneigt machen.“ (Hobbes 1959, S. 17f).

Hobbes verweist hier auf die moralische Komponente im Sprachgebrauch. Moralische Maßstäbe sind an die Naturwissenschaften jedoch nicht anzulegen, da letztere allein der Wahrheitsfindung dienen. In ihnen gilt nur die Aussage wahr oder falsch. Aus diesem Grund muss figürliche Rede auf historischem oder naturwissenschaftlichem Gebiet, auf dem Fakten und Wahrheit der alleinige Maßstab sein dürfen, ausgeschlossen werden.

„In Demonstration, in Councell, and all rigorous search of Truth, Judgement does all; except sometimes the understanding have need to be opened by some apt similitude; and then there is so much use of Fancy. But for Metaphors, they are in this case utterly

---

<sup>40</sup> Locke, J.: An Essay Concerning Human Understanding. Bk III, Chap. X, §34. 1975.

<sup>41</sup> a.a.O. 2

excluded. For seeing they openly professe deceit; to admit them into Councell, or Reasoning, were manifest folly.” (Hobbes 1974, S. 60f).<sup>42</sup>

### **Descartes**

Descartes (1596-1650) hat ebenfalls großen Einfluss auf den Sprachgebrauch in den Naturwissenschaften, auch wenn seine rationalistische Position als philosophische Gegenströmung zum Empirismus in England aufzufassen ist. In der Beschreibung der von ihm vertretenen rationalistischen Methode zeigt er die Schwäche rhetorischen Sprachgebrauchs auf. So stellt die Rhetorik zwar Mögliches dar, die Wahrheit lässt sich mit ihr aber nicht erlangen, sondern nur durch die Strenge des logischen Beweises:

„Die Beredsamkeit schätzte ich hoch und der Poesie war ich mit Liebe ergeben; ich dachte aber, daß die eine wie die andere eher Gaben des Geistes als Früchte des Studiums sind. Wer den schärfsten Verstand hat und seine Gedanken am besten verarbeitet, um sie klar und verständlich zu machen, kann stets am besten von dem, was er vorträgt, überzeugen, wenn er (...) niemals die Rhetorik gelernt hätte.“ (Descartes 1911, S. 6).<sup>43</sup>

Laut Descartes Ausführungen ist Wissen nur zu erreichen, indem man Behauptungen streng rationalistisch auf ursprüngliche Gründe zurückzuführen vermag. Pathetische Momente, figürliche Sprache und Phantasie tragen nicht zum Erkenntnisprozess bei, sondern behindern diesen sogar.

Ursprünglich ist Descartes' Position auf seine erkenntnistheoretischen Betrachtungen zurückzuführen. Als unbezweifelbar gilt für Descartes die durch methodische Zweifel gewonnene Einsicht des *Cogito, ergo sum*. Daraus leitet er die *res cogitans* ab; hiermit ist der Geist bzw. die Innenwelt gemeint, welche die Fähigkeiten umfasst, denken zu können und Empfindungen und Willen zu haben. Von der *res cogitans* grenzen sich die *res extensa ab*, also die physischen Gegebenheiten bzw. die durch Ausdehnung gekennzeichnete Körperwelt. Letztere lassen sich nach Meinung Descartes nur in dem Maße gewissenhaft erfassen, wie der Verstand sie in völlig durchsichtigen, rationalen und „mathematischen“ Begriffen ausdrücken kann. Diese Mathematisierung der Natur drückt sich selbstverständlich auch in der Sprache aus.

---

<sup>42</sup> Originalausgabe: Hobbes, Th.: Leviathan or the Matter, Forme and Power of a Commonwealth Ecclesiasticall and Civil. London 1651.

<sup>43</sup> Original: Descartes, R.: Discours de la méthode pour bien conduire sa raison, et chercher la verité dans les sciences. Leyden 1637.

Descartes zergliedert die sinnliche Wahrnehmung und löst sie in definierte Größen auf, denen ein größerer Wahrheitsgehalt zukommt als dem unmittelbar Wahrnehmbaren. Er trennt die Welt in *res cogitans* und *res extensa*, die ihre neuzeitliche Entsprechung in der Unterscheidung von Subjekt und Objekt findet. Diese Abwendung von der mittelalterlichen und aristotelisch geprägten Philosophie wird als cartesianische Wende bezeichnet.

Grassi verdeutlicht, dass die cartesianische Wende zu einer Abkehr von der humanistischen Tradition führte. Diese Abwertung der humanistischen Philosophie und der Renaissance dauert bis zum heutigen Zeitpunkt an, da allgemein zwar ein historisches Interesse an jener Zeit besteht aber kein philosophisch-wissenschaftliches (Grassi 1979, S. 194ff).

### ***Moderne und Gegenwart***

Die aktuelle Situation in den Naturwissenschaften hat sich in der Nachfolge der cartesianischen Wende nicht grundlegend geändert. Auch heute erscheint die Natur in naturwissenschaftlichen Konzepten in Form begrifflich-symbolischer Konstruktionen und in zumeist logisch-mathematischer Form, während das Subjektive, sinnlich Wahrnehmbare kaum berücksichtigt wird. Sichler fragt demzufolge, wenn auch überspitzt, ob sich die Naturwissenschaften überhaupt noch mit Natur beschäftigen, oder ob Natur nicht nur in Laborexperimenten und daraus folgend als technisch-operative Konstruktion erscheint (Sichler 1993, S. 77).

Zurückführen lässt sich die aktuelle Situation auch auf den logischen Empirismus des Wiener Kreises, dem, wenn auch nur weitläufig, Wittgenstein und Popper zuzurechnen sind. Auch als Neopositivismus bezeichnet, ist ein Grundgedanke dieser philosophischen Schule die Ablehnung aller nicht-deskriptiven Aussagen im wissenschaftlichen Diskurs. Die Metapher wird als uneigentliche Rede diskutiert, dem bestenfalls in der wissenschaftlichen Systematik die Funktion zukommt, Begriffslücken als gesetzte Platzhalter abzudecken: „Wo das *richtige* Wort für eine Sache fehlt, springt die Metapher ein und füllt somit vorübergehend eine lexikalische Leerstelle aus.“ (Bloch 1996, S. 184).

Da alle Erkenntnis nur auf sinnlicher Erfahrung beruhen kann, ist jeder Versuch, auf das Wesen oder den Sinn hinter dem Erfahrbaren zu schließen, zum Scheitern verurteilt.

Das zeigt sich auch im sprachlichen Ausdruck dieser Versuche, wie Carnap (1891-1970) feststellt:

„Es werden Begriffe eingeführt, die weder auf das Gegebene noch auf das Physische zurückführbar sind. Es sind daher bloße Scheinbegriffe, die sowohl vom erkenntnistheoretischen als vom inhaltlich-wissenschaftlichen Gesichtspunkt aus abzulehnen sind. Es sind sinnlose Worte, mögen sie auch noch so sehr durch Tradition geheiligt und mit Gefühle behangen sein.“ (Carnap 1980, S. 87).

Im heutigen naturwissenschaftlichen Diskurs zeigt sich diese Einstellung oftmals in der Vermeidung figürlicher und gefühlsbetonter Rede. Ihr Gebrauch z.B. in Form von Metaphern geschieht nur unbewusst, und über ihre erkenntniserschließende Funktion wird kaum diskutiert. Somit erklärt sich auch in der naturwissenschaftlichen Fachdidaktik der häufig geäußerte Vorbehalt gegenüber animistischer bzw. anthropomorphistischer Vermittlung.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass ein Gebrauch von metaphorischer bzw. animistischer Sprache in der wissenschaftstheoretischen Tradition abgelehnt wird, weil er

- 1) nur einen ästhetischen Wert besitzt, aber keine kognitive Funktion erfüllt,
- 2) er schnell zu Missverständnissen und Unklarheiten führt und
- 3) keinen argumentativen Wert besitzt. Denn (natur-)wissenschaftliche Aussagen können nur wahr oder falsch sein, nicht hingegen geeignet oder ungeeignet.

Eine weitere Ursache für die Ablehnung von Animismen in jüngerer Zeit sieht Lück, wie bereits erwähnt, auch in der Verwissenschaftlichungstendenz der 70er Jahre (Lück 2003, S. 80). Als Folge des „Sputnik-Schocks“ macht sie einen Paradigmenwechsel in den Naturwissenschaften aus, der unter anderem durch die Forderung nach naturwissenschaftlich-objektiver Sprache gekennzeichnet ist.<sup>44</sup>

Es existieren aber auch *Gegenpositionen* zu diesen bis heute dominierenden Ansätzen mit ihrer ablehnenden Haltung gegenüber figürlicher Sprache, die zunehmend Bedeu-

---

<sup>44</sup> Durch den Start des sowjetischen Satelliten *Sputnik* 1957 wurde die bis dahin sicher geglaubte technische Überlegenheit des Westens in Frage gestellt. Ursächlich wurde hierfür vor allem das Bildungssystem verantwortlich gemacht. Mit Hilfe verschiedener Maßnahmen wie z.B. der Einrichtung naturwissenschaftlich-technischer Förderprogramme sollte die Leistungsfähigkeit in den entsprechenden Bereichen wieder hergestellt werden.

tung gewinnen und ihren philosophischen Ursprung häufig im Umfeld der Romantik haben.

### **Kant**

Eine frühe differenziertere Betrachtung wissenschaftlicher Erkenntnis wird von Kant (1724-1804) durchgeführt. In der *Kritik der reinen Vernunft* (1781) führt er neben dem begrifflichen Denken die sinnliche Anschauung als zweite Wurzel menschlicher Erkenntnis an:

„Die Fähigkeit (Rezeptivität), Vorstellungen durch die Art, wie wir von Gegenständen affiziert werden, zu bekommen, heißt Sinnlichkeit. Vermittels der Sinnlichkeit also werden uns Gegenstände gegeben, und sie allein liefert uns Anschauungen; durch den Verstand aber werden sie gedacht, und von ihm entspringen Begriffe.“ (Kant 1976, S.63).<sup>45</sup>

Kant verdeutlicht aber auch, dass es Begriffe gibt, die sich der direkten sinnlichen Anschauung entziehen. Diese müssen indirekt „versinnlicht“ werden, will man zur sicheren Erkenntnis gelangen. Wenn Kant den Begriff der „symbolischen Versinnlichung“ in dieser Diskussion benutzt, dann meint er damit auch die Metapher oder die „metaphorische Versinnlichung“, wie Jäkel erläutert (Jäkel 1997, S. 125). In der *Kritik der Urteilskraft* (1790) wird dieser Zusammenhang klar.

Die Symbole enthalten indirekte Darstellungen des Begriffs „vermittelt einer Analogie (zu welcher man sich auch empirischer Anschauungen bedient), erstlich den Begriff auf den Gegenstand einer sinnlichen Anschauung, und dann zweitens die bloße Regel der Reflexion über jene Anschauung auf einen ganz anderen Gegenstand, von dem der erstere nur das Symbol ist, anzuwenden. Unsere Sprache ist voll von dergleichen indirekten Darstellungen nach einer Analogie, wodurch der Ausdruck nicht das eigentliche Schema<sup>46</sup> für den Begriff, sondern bloß ein Symbol für die Reflexion enthält.“ (Kant 1974, S. 212f).<sup>47</sup>

Sprachliche Figuren gewinnen durch Kant somit an erkenntnistheoretischer Bedeutung. Sie sind legitim, wenn sie einen epistemischen<sup>48</sup> Beitrag leisten, indem sie Begriffe,

---

<sup>45</sup> Kant, I.: Kritik der reinen Vernunft. §1, B33. Original: 1781.

<sup>46</sup> Kant unterscheidet *Schemate* von den *Symbolen*, wobei „die ersteren direkte, die zweiten indirekte Darstellungen des Begriffs enthalten.“ (Kant 1974, S. 212).

<sup>47</sup> Kant, I.: Kritik der Urteilskraft. § 59. Original: 1790.

<sup>48</sup> Epistemisch: die Erkenntnistheorie betreffend, das Wissen betreffend

denen keine sinnliche Anschauung entspricht, mit Hilfe analogischer Übertragung erschließen.

Jäkel verweist auf den Begriff des symbolischen Anthropomorphismus, den Kant in seinen *Prolegomena*<sup>49</sup> (1783) benutzt und der in der Diskussion um die Verwendung von Animismen oder Anthropomorphismen erwähnt werden muss. Er zitiert Kant, der feststellt, dass man sich einen symbolischen Anthropomorphismus erlaubt, der die Verhältnisse im Zielbereich nur so begreift, „als ob“ sie wie die des Ursprungsbereichs seien. „Die Welt so anzusehen, als ob sie das Werk eines göttlichen Künstlers sei, ist vollkommen zulässig, solange letzterer nicht hypostasiert (i.e. personifiziert; Anm. d. Verf.) wird; solange also diese Anthropomorphisierung Gottes eine symbolische – und das heißt bei Kant: metaphorische – bleibt.“ (Jäkel 1997, S. 127).<sup>50</sup>

### ***Wissenschaftstheoretische Betrachtungen der Romantik***

Im Umfeld der Romantik lassen sich ebenso Tendenzen aufzeigen, die rhetorische Figuren im naturwissenschaftlichen Diskurs legitimieren. Sich als Gegenbewegung zur Aufklärung verstehend, versucht die Romantik, das Vordringen naturwissenschaftlicher Naturaneignung einzudämmen. Im Gegensatz zur naturwissenschaftlichen Betrachtungsweise der Aufklärung, in der das Subjekt „sich der empfundenen Herausforderung durch die Natur (stellt) und im Vorgriff auf den Sieg über die Mächte der Natur seine eigene Macht und Allgewalt (erlebt)“, trachtet die Romantik eher auf eine Vereinigung von Natur und Geist (Sichler 1993, S. 84). Natur wird im Blickfeld der Romantik nicht als bedrohliche Kulisse wahrgenommen, sondern eher als harmonisches und organisches Gefüge, welches den Menschen in sich aufnimmt. Sie wird als sinnstiftender Erholungs- und Rückzugsraum betrachtet, der weiterhin heilsame und gesundheitsfördernde Facetten in sich birgt.<sup>51</sup> So preist Novalis (1772-1801) sie als des „Menschen Freundin, Trösterin, Priesterin und Wundertäterin.“ (Novalis 1968, S. 113).

---

<sup>49</sup> Kant, I: Prolegomena zu einer jeden künftigen Metaphysik, die als Wissenschaft wird auftreten können. § 57. Original: 1783.

<sup>50</sup> Aus der Diskussion Kants herausgelöst und auf den Bereich der naturwissenschaftlichen Vermittlung übertragen, bedeutet dies, dass ein *bewusster* symbolischer Anthropomorphismus legitim ist.

<sup>51</sup> Anzumerken ist hier die für die romantische Naturphilosophie zentrale Vorstellung eines ursprünglichen Absoluten, das sich in Natur und Geschichte entzweit hat. Die idealistische Wiederherstellung jener Einheit, also die Aufhebung der Trennung von subjektiver und objektiver Sphäre, wird durch das Medium der Kunst zu erreichen versucht. Schelling hat in diesem Zusammenhang für die Zusammenführung von Natur und Geist und die Belebtheit der materiellen Natur den Begriff *Weltseele* geprägt. Dieser Begriff hat natürlich auch starken Einfluss auf den romantischen Sprachgebrauch.

Die Leitdisziplin der romantischen Naturwissenschaft ist nicht mehr die physikalische Mechanik, wie noch im Rahmen der Aufklärung, sondern die Physiologie sowie die Chemie mit ihren esoterischen Vorformen wie Alchemie<sup>52</sup> und Magie.

Die gewünschte Verbindung von Materie und Geist, von Makrokosmos und Mikrokosmos lässt eine Tendenz erkennen, Beziehungen und Ähnlichkeiten herzustellen, die nicht offensichtlich sind. Alle naturwissenschaftlichen Phänomene werden auf ihre ästhetische und psychologische Funktion hin überprüft. Alles kann für alles antreten, was in letzter Konsequenz bis an die „Grenze des Beziehungswahns“ führt (Blumenberg 1981, S. 234).

Insbesondere Novalis, der explizit chemische, physikalische und naturgeschichtliche Studien durchgeführt hat, beschäftigt sich immer wieder mit dem romantischen Modell einer ästhetischen Naturerkenntnis. In seinem Werk *Die Lehrlinge zu Sais* trägt er sie konzentriert vor.

Als Gespräch eines Lehrers zu seinen Lehrlingen über die Natur angelegt, werden zwei Möglichkeiten deutlich, die Natur zu entschlüsseln. Auf der einen Seite stehen die „Scheidekünstler“ (Novalis 1968, S. 133), Denker und nüchterne Naturwissenschaftler, unter deren Händen „nur tote, zuckende Reste“ zurückbleiben (ebd., S. 111). Zwar liefern auch sie Erkenntnisse über die Natur, die zweckmäßig und dem Menschen dienlich sind; um Natur aber wirklich verstehend begreifen zu können, erfordert es auch einer sinnlich ästhetischen Annäherung. Der Künstler als „Liebling der Natur“ (ebd., S. 135) erfährt und empfängt die lebendigen Zusammenhänge der Naturdinge, indem er sie „beseelt“ (ebd., S. 111). Er hat die Sehnsucht, „die Natur vollständig zu begreifen“ (ebd., S. 111).

Das Zusammenwirken beider Zugänge zur Natur führt erst zu ihrem vollständigen Erfassen. Die objektiv-naturwissenschaftliche sowie die sinnlich-ästhetische Annäherung an die Natur sollen sich nicht ausschließen, sondern sich ergänzen.

---

<sup>52</sup> Ganzenmüller (1967; Original 1938) verdeutlicht den Einfluss der Alchemie auf die naturwissenschaftlichen Betrachtungen der Romantiker. Die in der Romantik immer wieder auftauchende Vorstellung der beseelten oder belebten Natur hat einen ihrer Ursprünge in der Alchemie des Mittelalters. So wird dort z.B. das bei der Destillation oder Sublimation Aufsteigende als *Seele* betrachtet, während der *Körper* als Rückstand im Kolben bleibt. Werden beide Erzeugnisse wieder vermengt, kommt es zur Wiederbelebung des toten Körpers. (Auch heute wird in der Laborsprache der Kolbenrückstand oftmals noch als Körper bezeichnet). Dieser animistische Grundzug in der Alchemie kommt der Sprache der romantischen Poesie entgegen.

„Unermesslicher Nutzen segnet ihre (*die Künstler*; d. Verf.) Arbeit, und der Grundriß ihrer Karte wird auf eine überraschende Weise mit dem Systeme des Denkers (*oder des Naturwissenschaftlers*; d. Verf.) übereinstimmen.“ (ebd., S. 131).

Die Geheimnisse der Natur lassen sich demnach nicht allein in einer wissenschaftlichen Begriffssprache ausdrücken. Diese indiziert vielmehr die Entsprechlichkeit der Welt. Durch sie entfernt man sich immer mehr vom Ursprung der Welt und der zu dieser gehörigen Bedeutsamkeit der Dinge. Somit bedarf es einer „Chiffrenschrift“<sup>53</sup> (ebd., S. 105), die in metaphorischer Weise umschreibt. Nur mit Hilfe einer solchen „bildliche(n) uneigentliche(n) Sprache“ (ebd., S. 128) offenbart sich exklusiv die Natur. Die Bedeutung einer magischen Naturschrift oder auch der „Hieroglyphensprache“ (Schubert 1814, S. 36)<sup>54</sup> ist für die romantische Naturwissenschaft essentiell.

Carus (1789-1869) geht in seiner Naturphilosophie davon aus, dass alles Bestimmte in Raum und Zeit entweder aus einem Unbestimmten hervorgegangen ist oder sich wieder in diesem auflöst. Sämtliche Erscheinungen des Makrokosmos Natur (und somit auch die Phänomene der unbelebten Natur) durchlaufen demnach die Stadien des Lebens, wie sie im Mikrokosmos Mensch sichtbar sind. Somit ist für ihn dieses selbständige Entfalten der Natur Symbol für das Leben selbst. „Haben wir die Natur als ein in ewiger innerer Bildung Begriffenes erkannt, so müssen wir sie zugleich als das Lebendige schlechthin betrachten.“ (Carus 1823, S. 99).

Diese Idee des Lebens bezeichnet Carus als ursprüngliche Vernunftanschauung. Sie kann aber „nicht (allein) durch den auf die Erscheinungswelt angewiesenen Verstand bewiesen, noch weniger erklärt, oder aber durch Abstraktion erhalten werden“ (ebd., S. 99), sondern muss sich „im Innern des Menschen erschließen, sich offenbaren.“ (ebd., S. 99).

Auch hier gewinnt das subjektive Verhältnis des Menschen zur Natur große Bedeutung. Das sinnlich-erschließende Potential des Menschen ist neben seinem logisch-verstehenden Potential unerlässlich im Erkenntnisprozess gegenüber der Natur.

Weder dem Menschen der Romantik noch dem Menschen der Gegenwart reichen das Rationale der Aufklärung und die damit verbundene Suche nach „ewiger Wahrheit“,

---

<sup>53</sup> In der Moderne nimmt Ernst Bloch (1885-1977) diesen Begriff auf. In Abgrenzung zur Auffassung des Wiener Kreises um Wittgenstein und Popper, die dem Zeichen nur eine objektive semantische Funktion zuweisen, erlaubt er dem Zeichen auch eine nicht unmittelbare objektive Funktion. Als „Chiffre“ offenbart das Zeichen zusätzlich „Spuren von etwas, Spuren zu etwas“. (Bloch, J.R. 1996. S. 174).

<sup>54</sup> Schubert, G. H.: Die Symbolik des Traums. Bamberg 1814.

nach dem Beständigen aus, wie Sachsse (1967) verdeutlicht. Er legt den (neo)-romantischen Standpunkt dar und hebt hervor, dass der Mensch zwar die Schönheit des Konstanten und Regelmäßigen zu schätzen weiß, dass er aber durch seine Neugier auch das Unerwartete und Spannende sucht. Des Weiteren stellt er dem Begriff der ewigen Wahrheit den Begriff der Wirklichkeit gegenüber, welcher durch Unvorhergesehenes und Ungeborgenes gekennzeichnet ist.

„Wie nennen diesen Bereich, der rational nicht fassbar ist, *irrational*. Das Wort ‚irrational‘ hat einen weiten Hof von Bedeutungen. Man bezeichnet damit die Emotion, das Gefühl, die Begeisterung, die Schwärmerei, aber auch die Unvernunft und das Unlogische und auch das Geheimnisvolle, Übernatürliche.“ (Sachsse 1967, S. 206f).<sup>55</sup>

Der subjektivierende Aspekt dieser Geisteshaltung schlägt sich auch in der Sprache nieder. Pathetischer Stil, affektivierende Redeweisen und Phantasie sind die Hauptelemente romantischer Sprache. Die rein objektivierende Betrachtung der Natur verliert an Bedeutung; das Transzendente, Verborgene und Irrationale wird fokussierend betrachtet.

Doch nicht nur in der sinnlich-ästhetischen Annäherung an die Phänomene der (unbelebten) Natur, sondern auch im Zeichen einer aktuellen ökologischen Krise wird der romantische Gedanke wieder bedeutsam. Der verloren gegangenen Nähe zur Natur als ein Faktor dieser Krise versucht man zu begegnen, indem man zumindest als touristische Erfahrung unberührte Natur erleben möchte. Es geht dem Subjekt hierbei jedoch eher um sich selbst als um die Natur.<sup>56</sup> Sichler verweist auf den von Lasch geprägten Begriff des *narzisstischen Zeitalters*, in dem Posen der Selbststilisierung und Selbstinszenierung das Erscheinungsbild des modernen Individuums bestimmen (Sichler 1993, S. 85).<sup>57</sup>

Der Mensch als Teil der Natur wird sich seiner Verantwortung angesichts der ökologischen Situation zunehmend bewusst. Da er materiell und biologisch untrennbar mit ihr

---

<sup>55</sup> Um Missverständnissen vorzubeugen, soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass bei der Vermittlung naturwissenschaftlicher Inhalte natürlich nicht übernatürliche oder unlogische Aspekte im Fokus stehen. Es sollte aber versucht werden, neben objektivierender auch subjektivierender Sprache Raum zu geben, um Begeisterung und Emotionen für naturwissenschaftliche Phänomene zu wecken.

<sup>56</sup> Wenn Schweis sarkastisch anmerkt: „Alle wollen zurück zur Natur – aber niemand zu Fuß“, dann betrachtet er genau dieses Phänomen (Schweis 1993, S. 203).

<sup>57</sup> Insbesondere die Tourismusindustrie macht sich den Wunsch des Menschen nach unberührter Natur zu Nutze. Urlaubs- und Erholungsträume werden inszeniert, Traumreisen werden angeboten und man hat die Gelegenheit für kurze Zeit Natur in allen Ecken der Welt zu genießen. Dass an dem Traum einer „paradiesischen Erfahrung“ nichts falsch ist, muss nicht erwähnt werden. Jedoch ist die Art und Weise zu kritisieren, wie diese Erfahrung oftmals gesucht wird. Natur wird nur konsumiert und im schlimmsten Falle zerstört, anstatt sie bewusst wahrzunehmen und sinnlich zu genießen (Schweis 1993).

verbunden ist, hat die Zerstörung seines Lebensraums negative Konsequenzen für ihn, sowohl im materiellen als auch im psychologischen Sinne. Da dieser Aspekt in der Diskussion um den bewussten Umgang mit Animismen in der Vermittlung naturwissenschaftlicher Inhalte eine zentrale Rolle spielt, wird er an späterer Stelle gesondert (vgl. Kap. 2.4.3) diskutiert.

### *Nietzsche*

Nietzsche (1844-1900) als Vertreter der Nachromantik kann als Sprachkritiker im Rahmen naturwissenschaftlicher Analysen im Besonderen betrachtet werden. Auch er kritisiert in seinem Werk den häufig geforderten und praktizierten Sprachgebrauch mit seiner möglichst genauen und „mathematisierten“ Sprache, die den Kausalitäten der Phänomene auf den Grund geht.

Nietzsches Erkenntniskritik im Bereich der Naturwissenschaften kann als eine Kritik an Verfestigungen verstanden werden, wie Lück (1999b) hervorhebt. Nietzsche kritisiert, dass Erkenntnis traditionell eher statisch Gegebenem statt dynamisch Prozesshaftem gerecht wird. Dieses drückt sich besonders deutlich in der Sprache aus.<sup>58</sup>

„Es sind vor allem drei Aspekte, die er in seiner Sprachkritik herausarbeitet: Der Ursprung der Sprache selbst, der Symbolcharakter von Wort und Begriff und vor allem die Syntax und die Grammatik dienen der Fixierung einer statischen Welt, mit deren Hilfe die Dynamik unter die Perspektive des Seins gestellt wird.“ (Lück 1999b, S. 73).

Nietzsche ist der Auffassung, dass Worte und Begriffe Dinge nicht adäquat beschreiben können, was ursächlich auf die willkürliche Setzung der Begriffe durch die Menschen verursacht wurde. Weiterhin werden individuelle Unterschiede durch die Begriffsgebung unter verallgemeinernde Begriffe subsumiert. Durch diese Verallgemeinerungen können Begriffe nur eine symbolische Funktion haben, den Eigenschaften der beschriebenen individuellen Phänomene aber nicht gerecht werden. Und schließlich werden durch die grammatikalischen Subjekt-Prädikat-Beziehungen Kausalitätsbeziehungen geschaffen, die dynamischen Phänomenen aber nicht eigen sind.

---

<sup>58</sup> Herzog stellt ebenso fest: „Und dort, wo wir auf permanente Bewegungen stoßen, neigen wir dazu, diese sprachlich zu verdinglichen: der Fluß fließt, der Wind weht, das Feuer brennt – als verberge sich hinter jeder Bewegung etwas Unbewegliches. Ruhe und Unveränderlichkeit scheinen uns bedeutsamer zu sein als Bewegung und Veränderung.“ (Herzog 1996, S. 63f). Herzog bezieht dieses Phänomen auf die jahrhundertealte Suche der abendländischen Philosophie nach dem Sein der Dinge.

Lück verdeutlicht, dass Nietzsche den Ursprung dieser sprachlichen Erscheinungen in physiologisch-psychologischen Phänomenen sieht, in Beobachtungen, die der Mensch an sich und seinem Körper macht. Der Mensch versteht sich als Verursacher von Handlungen und Bewegungen und überträgt diese Kausalität auf die Phänomene der Außenwelt. Dadurch setzt er sich als bekannten Maßstab, auf den Unbekanntes und somit auch potenziell Gefährliches oder Sorgenvolles zurückgeführt wird. Menschlich-biologische Erfahrungen werden in Beziehung zur Umwelt bzw. Außenwelt gesetzt, was anthropomorphe oder anthropozentrische Sichtweisen nach sich zieht.

„Erst das Infragestellen der Grammatik und die Entlarvung unserer Affekte könnten den Blick dafür freimachen, daß das Kausaldenken der Wirklichkeit nicht unbedingt immer angemessen ist.“ (Lück 1999b, S. 77).

Sprache kann demnach naturwissenschaftliche Phänomene nur defizitär beschreiben und erklären. Dieses Problem nehmen Woyke & Scharf auf und betrachten es aus chemiedidaktischer Perspektive. Die artifizielle und als unverständlich empfundene Sprache, welche gehäuft Substantive benutzt, mündet in einem *Modell der Dingwelt*. Dieses führt aber „weg von dem, was uns in Form und Verben vertraut und in der Chemie zentral ist, nämlich ‚wandeln‘, ‚verändern‘, ‚reagieren‘, also Prozesse.“ (Woyke & Scharf 2002, S. 222). Sie fordern daher, die prozessuale Dimension chemischer Reaktionen mehr als bisher zu berücksichtigen, und das sowohl erkenntnistheoretisch als auch sprachlich.

Bezieht man dieses Argument auf die Diskussion hinsichtlich einer Verwendung von Animismen, wird deutlich, dass sie gegenüber der „naturwissenschaftlich-objektiven“ Sprache keine Nachteile besitzt. Vielmehr lässt sich als vorteilhaft anführen, dass durch sie eher ein affektives Band zwischen Mensch und Außenwelt geknüpft werden kann (Lück 1999b, S. 87).

### ***Spaemann***

Spaemann diskutiert die Frage des Anthropomorphismus ebenfalls; er geht aber wie Nietzsche über sprachkritische Ausführungen hinaus.

Ausgehend von dem häufig angeführten Einwand, man dürfe außermenschliches Leben (auf die materielle Welt kommt er später zu sprechen) nicht anthropomorph betrachten, antwortet er, dass „wir es anthropomorph betrachten (müssen), wenn wir ihm gerecht werden wollen.“ (Spaemann 2000, S. 11).

Da man keinen direkten Zugang zum außermenschlichen Leben hat, betrachtet man es als bewusstes Leben abzüglich des menschlichen Bewusstseins. Somit setzt man die eigene Erfahrung als Maßstab und überträgt diesen in Form bewusster anthropomorpher Rede auf das außermenschliche Leben.

Er unterscheidet den erwähnten Anthropomorphismus streng von Anthropozentrismus der Wissenschaften. Alles außermenschlich Seiende wird anthropozentrisch als Umwelt definiert und radikal auf den Menschen bezogen. Dabei steht nicht die Frage im Vordergrund, was dieses Außermenschliche wirklich ist, sondern wie es sich für den Menschen manipulieren lässt. Als Folge stehen Dinge als reine Objekte dem Menschen gegenüber. Sie haben nichts mehr mit ihm zu tun und verlieren den Charakter des Mitseins für den Menschen (Spaemann 2000, S. 11).

In der objektivierenden Wissenschaft ist z.B. das Verhalten der einfachsten Elemente der unbelebten Materie gut erforscht. Diese Erkenntnisse werden auf das uns Nächste und auf uns selbst zu übertragen versucht, indem man es als komplexe Kombination der einfachsten Elemente betrachtet. Je komplexer allerdings die Kombination ist, desto schwieriger ist sie zu verstehen.<sup>59</sup> Man kann diesem Problem nur begegnen, wenn man die unbelebte Materie anthropomorph betrachtet, wenn man sie also unter dem Aspekt der Ähnlichkeit mit uns betrachtet, und wenn man ihr ein Selbstsein zuerkennt.

In seinen Ausführungen bezeichnet er diesen Aspekt als fundamentalen Anthropomorphismus. Wenn man sich von diesem verabschieden will, indem man ihn zu vermeiden versucht oder ihn als objektiv nicht akzeptabel darstellt, verabschiedet man sich in letzter Konsequenz vom Menschen selbst, das heißt von der menschlichen Betrachtung des Menschen.

„Das Resultat ist eine subjektlose, gleichgültige Welt von Gegenständen, die niemandes Gegenstände mehr sind.“ (Spaemann 2000, S. 12).

Ähnliche Gedanken sind auch für das Sein unterhalb des Lebens gültig, also für die materielle Welt. In unserem Lebenszusammenhang erscheint dieses Sein als Nahrung, Material und Umwelt. Wird diesem Sein Wirklichkeit zugesprochen, dann sprechen wir ihm in gleicher Weise Mitsein zu. Dann müssen wir aber als wesentliche Rede die anth-

---

<sup>59</sup> Spaemann stellt in diesem Zusammenhang etwas polemisch die Frage, wie sich aus einer solchen Kombination einfachster Elemente ein Streichquartett von Beethoven oder die Formeln der Relativitätstheorie ergeben könnten.

ropomorphe Rede zulassen, da wir wiederum uns als Maßstab für dieses Mitsein nehmen.

Spaemann verweist auf den Mathematiker und Physiker Whitehead, der diesen Sachverhalt problematisiert. Dieser erkennt, dass wir immer anthropomorph sprechen müssen, wenn es sich um außermenschliche Entitäten handelt. Dabei spielt es keine Rolle, ob man über Tiere oder Quanten spricht. Da wir nicht wissen können, wie es ist, ein Elementarteilchen zu sein, müssen wir per analogiam sprechen. Aber dass es irgendwie sein muss, z.B. ein Elementarteilchen zu sein, ist für Whitehead der zentrale Gedanke. Anderenfalls ist man nicht berechtigt über Wirklichkeit zu sprechen.

„Wirklichkeit ist nie nur Objektivität für Subjekte und nie bloß inhaltslose Subjektivität. Wirklich nennen wir etwas nur, wenn es eine, wenn auch noch so rudimentäre Art von Subjektivität hat, und wenn diese Subjektivität einen objektiven Gehalt hat, wenn sie etwas *erlebt*.“ (Spaemann 2000, S. 16).

Durch anthropomorphe Rede wird der anthropomorphen Ausrichtung im engen Sinne des Wortes Sprache verliehen.

Es sollte im vorangegangenen Kapitel verdeutlicht werden, wie unterschiedlich die Standpunkte im philosophischen Diskurs über eine angemessene Sprache im naturwissenschaftlichen Bereich sind. Dass sich die Ausführungen über eine animistisch-anthropomorphistische Darstellung natürlicher Phänomene auch auf den naturwissenschaftlichen Unterricht auswirken, liegt auf der Hand. Doch bevor näher auf diesen Aspekt eingegangen wird (Kapitel 2.4), ist es notwendig, auch kognitionspsychologische Überlegungen über einen verstärkt animistisch-anthropomorphistisch ausgerichteten Unterricht darzustellen und möglicherweise daraus entstehende relevante emotional-affektive Konsequenzen zu erläutern.

### 2.3.2 Die kognitionspsychologische Diskussion

Häufig wird - noch unter Berufung auf Piagets Theorie der kognitiven Entwicklung - angenommen, dass Schüler der Sekundarstufe I einen kognitiven Entwicklungsstand erreicht haben, der dem formal-logischen oder auch formal-operationalen Stadium entspricht. Da das formal-operationale Stadium durch die Fähigkeit des urteilenden und hypothetisch-deduktiven Denkens gekennzeichnet ist, seien die Schüler auch in der Lage, abstrakte Modelle und Formalismen zu verstehen, wodurch ein Einsatz von Animismen überflüssig wäre. Als Folge dieser Annahme wird im Chemieunterricht häufig zu schnell vom beobachtbaren zum beschreibenden Phänomen übergegangen.

Ausubel et al. (1980) stellen diese als selbstverständlich angenommene Gegebenheit in Frage und diskutieren sie. Sie relativieren Piagets Konzept von qualitativ unterschiedlichen Phasen ohne es komplett in Frage zu stellen und verdeutlichen, dass „in jedem Entwicklungsprozess, in dem Faktoren der Erfahrung entscheidend sind (...) das Alter an sich oder der Grad der Intelligenz weniger wichtig (ist) als der Grad der relevanten Erfahrung. (...) Schließlich stehen Entwicklungsstufen immer mit einem bestimmten Grad der Schwierigkeiten und der Vertrautheit des Problembereichs in Zusammenhang. Jenseits dieses Grads fallen die Lernenden im allgemeinen auf eine frühere Entwicklungsstufe zurück.“ (Ausubel et al. 1980, S. 273).

Auch viele empirische Untersuchungen stellen die Fähigkeit des formal-operationalen Denkens bei Schülern der Sekundarstufe I in Frage, wie in den 80er Jahren Gräber & Stork feststellen (1984a, 1984b). Die von ihnen analysierten Untersuchungen zeigen in ihren Ergebnissen auf, dass das formal-operationale Stadium im Bereich der Sekundarstufe I nicht vorausgesetzt werden darf. Ferner kann davon ausgegangen werden, dass auch in der Sekundarstufe II noch viele Schüler dieses Stadium nicht erreicht haben (Gräber, Stork 1984a). Zwar weisen sie darauf hin, dass unterschiedliche Testverfahren und Stichproben (Alter, Geschlecht, soziale Herkunft etc.) angewendet und untersucht wurden; die allgemeine Tendenz ist dennoch deutlich zu erkennen und sollte Konsequenzen nach sich ziehen.

Auch die im Anschluss ihrer Analyse eigens durchgeführte empirische Studie führte zu Ergebnissen, welche die Fähigkeit formal-operationalen Denkens bei Schülern der Sekundarstufe I in Frage stellen. Ihre Probandengruppe bestand aus 354 Schülern von vier Gymnasien aus unterschiedlichen Regionen. Der Altersdurchschnitt der Schüler lag bei

15,5 Jahren und entsprach dem normalen Schnitt zu Beginn des 10. Schuljahres. Gräber und Stork stellten hier fest, dass im naturwissenschaftlichen Unterricht nur ca. ein Viertel der Probanden formal-operationale Fähigkeiten besaß. Ungefähr zwei Drittel der Schüler befanden sich im Übergangszustand zwischen konkret- und formal-operationalem Stadium, während sich der Rest der Probanden im konkret-operationalem Stadium befand.

Berücksichtigt man in diesem Zusammenhang, dass Schüler zu Beginn des Physik- bzw. Chemieunterrichts noch jünger sind (5.-7. Schuljahr), kann man von einem deutlich geringeren Prozentsatz formal-operational denkender Schüler in dieser Altersstufe ausgehen.

Eine weitere Studie Gräbers, veröffentlicht 1992, bestätigt seine Untersuchung aus dem Jahr 1984. Gräber prüft das kognitive Entwicklungsniveau der Schüler der Sekundarstufe I und seine Auswirkungen auf den Chemieunterricht. Anfang der 90er Jahre resümiert er zahlreiche empirische Untersuchungen und stellt Gründe für ein nachlassendes Interesse der Schüler am Chemieunterricht fest. Insbesondere die Schwierigkeiten bei der Betrachtung des submikroskopischen Bereichs werden immer wieder betont. Formal-logisches Denken, welches laut Gräber erforderlich für das Arbeiten mit Modellen und Theorien ist, wird oftmals noch nicht beherrscht (Gräber 1992a).

In der gleichen Studie stellt er fest, dass auch der affektiven Komponente im Vermittlungsprozess mehr Platz eingeräumt werden sollte. Schon Ausubel merkt Ende der 60er Jahre an (deutsch: Ausubel 1981, S. 463ff), dass zu spät erkannt wurde, dass nicht nur kognitive, sondern auch affektive Faktoren das Lernen und die Einstellung zum Lerngegenstand beeinflussen. Und eine positive Einstellung zum Lerngegenstand zieht wiederum eine hohe Motivation im Lernprozess nach sich. Es stellt sich die Frage, ob der Relevanz der affektiven Komponente im Lernprozess im heutigen Chemieunterricht ausreichend Platz eingeräumt wird.

Ciampi (1994) spricht ebenfalls von der „Untrennbarkeit von Fühlen und Denken“ und fasst seine Überlegungen unter dem Begriff der *Affektlogik* zusammen. Basierend auf neurobiologischen Grundlagen wird im Konzept der Affektlogik unter anderem versucht, die Zusammenhänge von Affekten und Kognition zu klären. Es wird angenommen, dass „Affekte wie Pforten oder selektive Filter (funktionieren), die bestimmte kognitive Welten schleusenartig öffnen oder schließen.“ (Ciampi 1994, S. 126).

Daneben agieren sie auch wie „Leim- oder Bindegewebe“ und führen infolgedessen nicht zu rein kognitiven, sondern zu affektiv-kognitiven Schemata.

Ciampi verweist auf alltägliche Erfahrungen von Lehrern oder auch Reklametechnikern<sup>60</sup>, dass nämlich kognitives Material nur bei ausreichender emotionaler Mitbeteiligung gespeichert wird. „Zur Information im wahren Sinne, d. h. zu einem neu in die vorbestehenden Schemata eingebauten Elemente, werden wiederum nur affektiv-kognitive, nicht aber rein kognitive Inhalte.“ (Ciampi 1994, S. 123).

Die dargestellten Standpunkte verdeutlichen das Problemfeld, in dem die Diskussion über die kognitive Entwicklung der Schüler der Sekundarstufe I geführt wird.

So kann nicht selbstverständlich davon ausgegangen werden, dass die Schüler über die Fähigkeit des formal-logischen Denkens zu diesem Zeitpunkt verfügen. Wenn sie also nicht die Fähigkeit haben sollten, hat die Verwendung abstrakter Modelle und der Fachsprache eine Überforderung der Schüler zur Folge. Aber auch wenn die Annahme zutreffen sollte, besteht dennoch die Gefahr, dass die Verwendung von Fachsprache und Formalismen den affektiven Zugang zu den Phänomenen der unbelebten Natur erschwert. In beiden Fällen ist es nachvollziehbar, wenn ein Teil der Schüler mit nachlassendem Interesse an naturwissenschaftlichen Phänomenen und der Abwahl des Faches Chemie reagiert.

Weitere Untersuchungen unterstützen diese Überlegungen. Schon 1976 merkt Becker in einer auf Schülerbefragung basierten Studie an, dass eine Wechselwirkung zwischen kognitiven und affektiven Dimensionen in Bezug auf Chemieunterricht deutlich wird. So haben Schüler einer 8. Realschulklasse erhebliche Schwierigkeiten mit der chemischen Zeichensprache, wodurch sich ein signifikant negativer Einfluss auf die Variable „Fachbeliebtheit“ einstellt (Becker 1976).

Auch Woest kommt durch eine Schülerbefragung in der Sekundarstufe II zu dem Schluss, dass „die abstrakt-theoretischen Aspekte der Chemie (Formelsprache, Fachtexte) ein wesentliches Kriterium zur negativen Beurteilung des Faches durch die Lernenden – nicht selten mit der Konsequenz der Abwahl – darstellen.“ (Woest 1997, S. 55).

Aus den genannten Untersuchungen stellen sich Fragen nach Konsequenzen. Gräber & Stork (1984) verdeutlichen in ihrer Studie zwar die Probleme im kognitiven Bereich der Schüler der Sekundarstufe I, wollen daraus aber nicht den Schluss ziehen, formales

---

<sup>60</sup> Im heutigen Sprachgebrauch benutzt man eher den Begriff der *Werbedesigner*.

Denken aus dem frühen naturwissenschaftlichen Unterricht zu verbannen. Vielmehr müssen Wege gefunden werden, Schüler in ihrer kognitiven Entwicklung zu fördern, so dass sie formal-operationales Denken beherrschen lernen, da ein Verzicht nicht möglich ist, denn „chemistry, and most of science, is formal by its very nature.“ (Herron 1975, S. 150).

Die Lerninhalte in den Naturwissenschaften sind somit weitgehend abstrakt und deshalb kann auf formal-operationales Denken nicht verzichtet werden; auch nicht unter dem Blickwinkel, dass formales Denken ein wichtiges allgemeines Lernziel der Sekundarstufe II ist. Zu Beginn der Sekundarstufe I und somit im naturwissenschaftlichen Unterricht der Eingangsklassen sollte man jedoch eher von der Fähigkeit des konkret-operationalen Denkens bei den Schülern ausgehen.<sup>61</sup>

Es scheint daher sinnvoll, bei der Vermittlung chemischer Sachverhalte zunächst einfachere Modelle und eine geringere Anzahl an Fachtermini zu benutzen, bzw. den Schülern verständliche Ersatzkonzepte anzubieten, um die kognitiven Fähigkeiten stärker zu berücksichtigen. Diese Ersatzkonzepte sollten dann bei einer erkennbaren kognitiven Weiterentwicklung der Schüler durch die gewünschten Formalismen und Modelle ersetzt bzw. ergänzt werden. Dies gilt insbesondere für den Anfangsunterricht Chemie, der z.B. in Nordrhein-Westfalen erst in der 7. Klasse beginnt.

Im nachfolgenden Exkurs soll auf potenzielle geschlechtsspezifische kognitive Leistungsunterschiede, deren Ursachen und daraus resultierende Konsequenzen für den naturwissenschaftlichen Unterricht eingegangen werden. Denn es wurde verschiedentlich die Frage gestellt, ob diese oftmals festgestellten Leistungsunterschiede insbesondere den Schülerinnen den Zugang zu naturwissenschaftlichen Phänomenen zusätzlich erschweren.

---

<sup>61</sup> Ausubel fordert, den Schülern anfänglich einen intuitiven Zugang zu den Phänomenen zu ermöglichen, auch wenn sie schon offensichtlich das Stadium des formal-operationalen Denkens erreicht haben und sie diesen Zugang nicht mehr benötigen sollten. Er stellt fest, dass ein Jugendlicher oder Erwachsener, auch wenn er allgemein auf der abstrakten Ebene der kognitiven Entwicklung arbeitet, dazu tendiert, „immer *zunächst* auf einer konkreten, intuitiven Ebene tätig zu sein, wenn er zum erstenmal in ein ihm völlig unbekanntes Fachgebiet eingeführt wird.“ (Ausubel 1980, S. 288).

### 2.3.3 Exkurs: Diskussion zu geschlechtsspezifischen Unterschieden kognitiver Leistungen

Gräber & Stork (1984a/b) stellen als Nebeneffekt ihrer 1984 durchgeführten Untersuchung fest, dass der Anteil der formal denkenden Jungen nahezu doppelt so hoch ist wie der Anteil der formal denkenden Mädchen in der gleichen Altersstufe. Damit werden Erkenntnisse psychologischer Untersuchungen bestätigt, welche sich mit den Unterschieden der kognitiven Fähigkeiten zwischen Jungen und Mädchen befasst haben und von Degenhardt (1979) zusammengefasst werden. Quantitative Fähigkeiten (Umgehen mit Zahlen und Symbolen, Leistungen im Physik- und Mathematikbereich) sowie räumliches Wahrnehmungsvermögen sind demnach eher männliche Domänen, während verbale Fähigkeiten sowie Wahrnehmungsgeschwindigkeit und –genauigkeit eher den Mädchen zukommen (Degenhardt 1979, S. 30f).<sup>62</sup>

Gestützt wurden und werden solche Ergebnisse oftmals durch (zu diskutierende) Erkenntnisse der Hirnforschung. Lokalisation bestimmter kognitiver Leistungen, wie Sprachkompetenz und motorische Steuerungen wurden z.B. durch die Analyse Hirnverletzter gewonnen und in der Folge oftmals als Begründung geschlechtsspezifischer Unterschiede in diesen Fähigkeiten herangezogen, wobei einschränkend gilt:

„Allerdings konnten und können mittels Analyse der resultierenden Ausfälle und Veränderungen lediglich für diese Funktionen notwendige Strukturen bezeichnet werden, keineswegs aber alle hinreichenden Strukturen oder gar Prozesse.“ (Maurer 2002, S. 65).

Diese Einschränkung spiegelt sich auch in der Hirnforschung wider, denn viele grundlegende Fragen sind völlig ungeklärt, und auch die genauen Funktionen der unterschiedlichen Hirnareale sind oftmals nicht bekannt. Star (1979) geht so weit, die zahlreichen Widersprüche der Hirnforschung auf kulturelle Zusammenhänge zurückzuführen. So sei versucht worden, die am meisten geschätzten Eigenschaften auf irgendeine Weise der linken, nämlich der als „männlich“ definierten Gehirnhälfte zuzuordnen.

Seit einigen Jahren gibt es Strömungen in der Hirnforschung, welche die Zuordnung kognitiver Leistungen zu bestimmten Hirnregionen und somit auch die lange Zeit geltenden geschlechtsspezifischen Differenzierungen stärker in Frage stellen (Star 1979).

---

<sup>62</sup> Die in den Jahren 2001 und 2004 veröffentlichten PISA-Studien bestätigen diese Erkenntnisse allerdings nicht. In den Naturwissenschaften konnten weder im OECD-Durchschnitt, noch innerhalb Deutschlands signifikante geschlechtsspezifische Leistungsunterschiede festgestellt werden .

Durch den Begriff der *Plastizität des Gehirns* wird diesem eine Flexibilität zugesprochen, um auf Entwicklungsprozesse und Lernvorgänge reagieren zu können. Ein Rückschluss kognitiver Fähigkeiten oder Persönlichkeitsmerkmale auf genetische Instruktionen ist demnach nicht ohne weiteres zulässig.

In diesem Zusammenhang hält Singer im Bezug auf die physiologische Entwicklung des Organismus fest, „dass Gene nie alleine, sondern immer in Umwelt eingebettet sind, dass es Signale aus der Umwelt sind, die das Auslesen der genetischen Information initiieren und die Entwicklung vom Ei zum Organismus maßgeblich koordinieren.“ (Singer 2002, S. 10).

Für die Hirnentwicklung bedeutet dies, dass sie sich bis zum Ende der Pubertät hinziehen kann und es durchaus späte Entwicklungsphasen gibt, deren Erreichen eine notwendige Bedingung bestimmter kognitiver Leistungen darstellt. Die schulische Förderung sollte demgemäß auf die individuellen Bedingungen abgestimmt sein, denn Kinder gleichen Alters werden nicht die gleichen kognitiven Fähigkeiten und Begabungen aufweisen.

„Es ist nutzlos und womöglich kontraproduktiv, Inhalte anzubieten, die nicht adäquat verarbeitet werden können, weil die entsprechenden Entwicklungsfenster noch nicht offen sind.“ (Singer 2002, S. 13).

Im Hinblick auf die Debatte geschlechtsspezifischer kognitiver Unterschiede führen diese Erkenntnisse zu der Diskussion, ob diese Unterschiede nicht eher sozial als physiologisch determiniert sind. Denn „was hirnanatomisch zu einem bestimmten Zeitpunkt an Strukturen feststellbar ist, ist immer schon von körperlichen Inwelten und von ihrer Mitwelt mitbeeinflusst. Wenn diese Mitwelt durch *gender*<sup>63</sup> geprägte Strukturen oder Funktionen aufweist, kann sich dies im Gehirn in irgendeiner Weise niederschlagen.“ (Maurer 2002, S. 99).

Hieraus folgt, dass geschlechtsspezifische kognitive Leistungen nicht ausschließlich als physiologisch determiniert betrachtet werden dürfen, sondern auch die Relevanz der Erfahrung berücksichtigt werden muss (siehe Dressler et al. 1998).

---

<sup>63</sup> *Gender* bezeichnet hier die gesellschaftlich-kulturell definierten Geschlechterrollen und Geschlechterkonzepte, also die vorherrschenden Männlichkeits- und Weiblichkeitsbilder.

Positionen, die geschlechtsspezifische Kompetenzen eher als Resultat frühkindlicher und gesellschaftlicher Erziehung ansehen und weniger auf physiologischen Besonderheiten beruhend betrachten, nehmen diesen Sachverhalt auf.<sup>64</sup>

Beermann et al. (1992) analysieren verschiedene Metaanalysen, die sich mit biologischen, entwicklungspsychologischen und sozialpsychologischen Ursachen der Geschlechterdifferenzen befassen. Der frühkindliche Erlebnishintergrund, der wiederum von der Erwartungshaltung der Eltern abhängt,<sup>65</sup> stellt sich dabei als eindeutigste Einflussvariable heraus.

„Insgesamt haben Jungen einen anderen Erlebnishintergrund als Sozialisationsbedingung. Sie haben durch signifikant häufigeren Umgang mit technischem Spielzeug, Werken, Basteln, Sachbüchern und Baukästen einen Erfahrungsvorsprung, der für Mädchen später schwer aufzuholen ist.“ (Beermann et al. 1992, S. 57ff).<sup>66</sup>

Bilden (1998) bietet einen umfassenden Überblick geschlechtsspezifischer Sozialisation. An dieser Stelle muss der Hinweis genügen, dass heute *Geschlecht* eher als soziale Kategorie verstanden wird, die nicht unabhängig vom Kontext betrachtet werden sollte. Die lange Zeit vorherrschenden Überzeugungen hinsichtlich physiologisch bedingter Geschlechtsunterschiede verlieren demzufolge nach und nach ihre Bedeutung.

Dennoch haben die noch vorherrschenden Sozialisationsprozesse starke Auswirkungen auf die unterschiedlichen Selbstkonzepte von Männern und Frauen. Verschiedene Studien stimmen dahingehend überein, dass z.B. eine unterschiedliche geschlechtsspezifische Leistungsbewertung aus vorhandenen Selbstkonzepten resultiert. So ist die Selbsteinschätzung von Mädchen in mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern deutlich niedriger als die der Jungen (Hannover 1991; Eccles et al. 1998; Rustemeyer 1998; Hannover & Kessels 2001; Stürzer 2003).

In der Schule zeigen sich diese Umstände im naturwissenschaftlichen Unterricht und werden teilweise durch die Lehrkräfte (unbewusst) gestärkt. „Die Entmutigung der Mädchen durch den Unterricht in Mathematik und Naturwissenschaften bzw. deren

---

<sup>64</sup> Eine Übersicht neuerer Studien, die diese Erkenntnisse wiedergeben, wird von Dresel et al. (1998) aufgelistet.

<sup>65</sup> Eltern stereotypisieren z.B. Mathematik als wichtiger für ihre Söhne als für ihre Töchter.

<sup>66</sup> Dass diese Erlebnishintergründe und das damit einhergehende naturwissenschaftlich-technische Vorwissen nicht nur Vorteile in sich birgt, machen Ziegler et al. (1997) deutlich. Sie können sich als „Hemmschuh“ für den naturwissenschaftlich-technischen Unterricht erweisen, da sie häufig fehlerhaft und unvollständig sind und sich auch durch gezielten Unterricht nur schwer beseitigen lassen.

„männliches Image“ sind zentrale Faktoren techniknaher Jungen- und technikferner Mädchensozialisation.“ (Bilden 1998, S. 283).

Als Resultat dieser schulischen Sozialisationsprozesse wird die kulturell dominante Form von Männlichkeit in den westlichen Gesellschaften stark mit Technikbeherrschung assoziiert, so dass die Verfügung über technisches Know-how als „männliche“ Kompetenz (re)inszeniert wird. Mädchen können sich in einem solch männlich kodierten Lernfeld nur schwer profilieren (Wajcman 2002).<sup>67</sup>

Eine Veränderung naturwissenschaftlichen Unterrichts sollte diese Erkenntnisse berücksichtigen. Maßnahmen, die es ermöglichen, fehlende Vorerfahrungen auszugleichen, sollten verstärkt berücksichtigt werden. Der eher fachwissenschaftlich ausgerichtete naturwissenschaftliche Unterricht, der aufgrund seiner Formalismen und abstrakten Modelle speziell für Schülerinnen problematisch sein kann, sollte insbesondere im Anfangsunterricht anders gestaltet werden. Erklärungsmodelle sollten daher auch eher weibliche Lernstile berücksichtigen. Da Schülerinnen nach Beermann (1992, S. 92) eher prädikative Denkstrukturen und begriffliche Lösungen bevorzugen, sollte die sprachliche Vermittlung dergestalt sein, dass sie die Phänomene eher veranschaulichend erklärt. Die häufigere Verwendung von Animismen könnte dieser Forderung nachkommen und hilfreich vermittelnd wirken.

### **2.4 Legitimation der Verwendung von Animismen im naturwissenschaftlichen Vermittlungsprozess**

Es konnte bis hierher aufgezeigt werden, dass der Diskurs über eine animistische Vermittlung in den Naturwissenschaften durch eine Vielzahl konträrer Positionen gekennzeichnet ist.

Im Rahmen dieser Arbeit wird versucht, animistische Vermittlung zu legitimieren, wobei drei zentrale Funktionen des Animismus in dieser fachdidaktischen Diskussion berücksichtigt werden sollen:

---

<sup>67</sup> Umgekehrt könnten die erwähnten Assoziationen zwischen Weiblichkeit und Einfühlungsvermögen und intuitivem Verstehen den Jungen Lernprozesse erschweren, die für die Entwicklung ihrer sozialen und sprachlichen Kompetenzen notwendig sind.

- die metaphorische Funktion des Animismus (objektiver Erkenntnisgewinn),
- die entwicklungspsychologische Funktion des Animismus (subjektive Sinnstiftung) und
- die motivationale Funktion animistischer Vermittlung (Generierung eines langfristigen Interesses).

### **2.4.1 Legitimation einer animistischen Vermittlung aus metaphorologischer Sicht: Erkenntnisgewinn**

Bereits Mitte des 18. Jahrhunderts ist in der philosophischen und sprachwissenschaftlichen Diskussion eine Kritik an der ablehnenden Haltung bezüglich rhetorischer Mittel (hier im engeren Sinne: Metaphern) zu erkennen, wie Steiner (1988) verdeutlicht. Insbesondere Nietzsche findet bei ihm mit seiner *allgemeinen Erkenntniskritik* Erwähnung, in der es heißt, es gebe „keine ‘eentlichen’ Ausdrücke und kein eigentliches Erkennen ohne Metapher. Aber die Täuschung darüber besteht, d.h. der Glaube an eine Wahrheit des Sinneseindrucks. (...) Das Erkennen ist nur ein Arbeiten in den beliebtesten Metaphern, also ein nicht mehr als Nachahmung empfundenes Nachahmen.“ (Nietzsche 1922, S. 57).

Kurz (1997) spricht in diesem Zusammenhang von der semantischen Unhintergebarkeit der Metapher. Metaphern spielen in wissenschaftlichen Theorien, auch wenn sie sich antimetaphorisch geben, häufig eine theoriekonstitutive Rolle. „Auch die ‘nackte’ Wahrheit ist schließlich eine Metapher. *Feld, Atom, Welle, Trägheit, Kraft, Widerstand* usw. sind natürlich inzwischen terminologisierte Ausdrücke, sie leiten gleichwohl als residuale Hintergrundmetaphorik die Theoriebildung. Die Integration eines theoretischen Modells in eine geltende Hintergrundmetaphorik verleiht dem Modell Evidenz. (...) Metaphern fungieren als handlungs- und erkenntnisorientierende Modelle. Sie haben die Macht, neue Wirklichkeiten zu schaffen und unser Begriffssystem zu verändern.“ (Kurz 1997, S. 21).

Metaphern haben aber nicht nur in wissenschaftlichen Theorien erkenntnisbildende Funktion. Auch im Unterricht sind sie als unverzichtbares Element anzutreffen. „Metaphors are important in teaching because they put abstract concepts into the student’s realm of experience and into common language.“ (Miller 1992, S. 141).

Insbesondere in den Fächern Chemie und Physik, die häufig unter dem Begriff der harten Naturwissenschaften zusammengefasst werden, treten animistische Metaphern immer wieder in Erscheinung, auch um Interesse an der unbelebten Natur zu wecken. „Molecules have needs, they are excited, they attack, they are satisfied. The use of anthropomorphic metaphors is also a useful tactic because they can make lectures more interesting and make the lecturer appear more human.” (Miller 1992, S. 141).

Doch warum lassen sich in den harten Naturwissenschaften Metaphern, und hier sind im Speziellen Animismen gemeint, nicht vermeiden? Wie lässt sich der hohe Stellenwert animistischer Metaphern erklären? Um diese Fragen zu beantworten, muss die Funktion der Metapher im Erkenntnisprozess genauer untersucht werden.

### ***Die Funktion der Metapher im Erkenntnisprozess***

Ausführungen über die Funktion der Metapher sind ohne Rückgriff auf den Aristotelischen Metaphernbegriff unvollständig. In seiner *Poetik* definiert Aristoteles als erster die Metapher als „eine Übertragung eines Wortes (das somit in uneigentlicher Bedeutung verwendet wird), und zwar entweder von der Gattung auf die Art oder von der Art auf die Gattung, oder von einer Art auf die andere, oder nach den Regeln der Analogie (...) Unter einer Analogie verstehe ich eine Beziehung, in der sich die zweite Größe zur ersten ähnlich verhält wie die vierte zur dritten.“ (Aristoteles 1996, S. 89f). Im dritten Buch der Rhetorik nimmt er den Begriff der Metapher wieder auf, ausgehend von dem Leitsatz, dass ein leichter Lernprozess von Natur mit Lust und Freude verbunden sei<sup>68</sup> (Aristoteles 1999, S. 172f). Da sprachliche Ausdrücke Freude erregen können (und diese Wirkung bezieht Aristoteles vor allem auf die Metapher), sind sie in der Lage, Lernprozesse zu bewirken. Das Vergnügen im Gebrauch der Metaphern manifestiert sich dergestalt, dass einander fremde Dinge derselben Art in Vergleich miteinander gebracht werden und so unerwartete Ähnlichkeiten in Erscheinung treten (Steiner 1988, S. 190). Die Metapher als rhetorische Figur kann demnach eine erkenntnisererschließende Funktion haben.

---

<sup>68</sup> Bremer sieht hier einen Zusammenhang zur Aristotelischen *Metaphysik*, da sich hinter dem erwähnten Satz der erkenntnistheoretische Grundsatz verbirgt, dass alle Menschen von Natur aus nach Wissen verlangen (Bremer 1980, 354).

„Die Erkenntnisleistung der Metapher beruht also auf ihrer synthetisierenden Kraft, verschiedene Sachen oder Sachverhalte durch Ähnlichkeiten zusammenzuschauen und als bezeichnete Sachverhalte erkennbar zu machen.“ (Bremer 1980, S. 356).

In der Wissenschaftstradition wurde der Aristotelische Gedanke einer epistemologischen Leistung der Metapher lange Zeit vernachlässigt. Zwar hatte Aristoteles eine große Wirkung auf die Wissenschaftstradition; da er den Begriff der Metapher aber nur in seinen Werken *Poetik* und *Rhetorik* behandelt hat, wurde die Metapher möglicherweise nur als rhetorische Figur anerkannt, so dass ihre erkenntnisererschließende Funktion vergessen wurde.

Auch die skeptische Haltung Platons, des Lehrers Aristoteles', gegenüber der Dichtung leistete ihren Beitrag zu einer Sichtweise, welche die Figur der Metapher ausschließlich als Trope<sup>69</sup> im Sinne eines reinen Stilmittels auffasst. Im 10. Buch des *Staates* definiert er die Dinge der sinnlich wahrnehmbaren Welt nur als Abbilder ursprünglicher Ideen. Dichter stellen somit nicht die eigentlichen Ideen sondern deren Abbilder dar, die infolgedessen nur scheinhaft und nicht wahrheitsgemäß sind (Platon 2000, S. 431ff).

In diesem Zusammenhang weist Blumenberg auf die „platonische Unterwerfung der Rhetorik“ hin. So hat Platon die Verwendung rhetorischer Mittel im Dienste der Wahrhaftigkeit zugelassen, jedoch nur als Mittel der Redekunst. Rhetorische Figuren wie die Metapher haben keinen eigenen Wahrheitsgehalt; durch ihre Überzeugungskraft lassen sie sich aber in den Dienst der Wahrheit stellen. Tiefergehende Aussageleistungen, wie sie Aristoteles angedeutet hat, sind durch metaphorische Redeweise nicht zu erreichen. Die Frage, „ob das rhetorische Kunstmittel der ‚translatio‘ auch noch mehr leisten könnte, als ‚Gefallen‘ an der mitzuteilenden Welt zu erwecken“, wurde demnach gar nicht gestellt (Blumenberg 1960, S. 9).

Die ablehnende Haltung gegenüber metaphorischer Rede wurde von den mittelalterlichen Wissenschaften (insbesondere in der Theologie) übernommen. In der Theologie ist allegorische Schriftenauslegung zwar ein zentrales Mittel der Exegese, d.h. der Allegorie wird eine deutende bzw. erläuternde Funktion zugesprochen; unter philosophischem Blick wird tropischen Figuren jedoch keine strenge Beweisführung zuerkannt, wie am Beispiel Thomas von Aquins gezeigt werden kann (Blumenberg 1960, S. 7).

---

<sup>69</sup> Eine genauere Einteilung der Tropen in Metonymie, Synekdoche, Emphase, Periphase etc. und die Abgrenzung zur Metapher findet im Rahmen dieser Arbeit nicht statt.

Erst seit dem 18. Jahrhundert findet sich eine neue Geisteshaltung, die der Metapher eine eigenständige, erkenntnisgenerierende Funktion zuspricht. Giambattista Vico (1668-1744) fordert, die Unterscheidung von der Sprache der Wissenschaft als eigentliche Sprache und der Sprache der Poesie als uneigentliche Sprache aufzuheben. Denn der Mensch kennt die Welt nie ‚an sich‘, sondern immer nur so, wie sie ihm in seiner Sprache geistig gestaltet wurde. Sprache kann somit nie die eigentliche Wirklichkeit der Welt wiedergeben, sondern immer nur die einer uneigentlichen (im Sinne von *nicht direkt, nicht tatsächlich*) Weltansicht (Ingendahl 1971, S. 20f.).

Nach Vico ist die Bildsprache des Mythos als ursprüngliche Sprache der Menschheit aufzufassen, wodurch die ursprünglichen Mythen der Metapher zugeordnet werden können (Steiner 1988, S. 193).

In dieser Arbeit wird das Augenmerk auf die epistemologischen und heuristischen Merkmale der Metapher im Bereich der Technik bzw. der Naturwissenschaften gelegt. Die Arbeiten Blacks (1962<sup>70</sup>, 1979) liefern diesbezüglich wichtige inhaltliche Impulse. Der zentrale Aspekt in Blacks Ausführungen ist die Unterscheidung zwischen der Substitutionsauffassung von Metapher (also durchaus im aristotelischen Sinne) und einer Deutung, die er als Wechselwirkungsauffassung bezeichnet. Im Gegensatz zur Substitutionsauffassung, welche die operative Funktion der Metapher in der Substitution oder im Vergleich sieht, setzt die Wechselwirkungskonzeption Blacks in der Verwendung und im Verständnis der Metapher Operationen voraus, welche durch Paraphrasen nicht erreicht werden können (Steiner 1988, S. 194).

Um Metaphern verstehen zu können, reicht es demnach nicht aus, die lexikalische Bedeutung des Nebensubjekts (also des metaphorischen Trägers) zu kennen, sondern ein System assoziierter Gemeinplätze. Die Metapher ruft die entsprechenden Gemeinplätze wach, die einer Sprachgemeinschaft bereitstehen<sup>71</sup> und diese wirken im Sinne Blacks wie ein Filter. Sie stellen Ähnlichkeiten her und beinhalten eine stark dynamische Konzeption (Steiner 1988, S. 195).

Ein Beispiel aus dem Bereich der Chemie soll die Wechselwirkungsauffassung der Metapher verdeutlichen. So wird im Bereich großmolekularer biochemischer Prozesse oft-

---

<sup>70</sup> Deutsch: Black, M.: Die Metapher. In: Haverkamp, A. (Hg.): Theorie der Metapher. Darmstadt 1996. S. 55-79.

<sup>71</sup> Somit lässt sich auch erklären, dass sich Metaphern nicht von einer Sprachgemeinschaft im Sinne einer kulturellen Gemeinschaft auf eine andere Sprachgemeinschaft übertragen lassen, ohne sich der Gefahr einer Fehlinterpretation auszusetzen.

mals der Begriff der *Information* und des *Informationsaustausches* benutzt. Das System der ursprünglich menschlichen kognitiven Leistung des Informationsaustausches mit all seinen Konnotationen wird auf die molekulare Welt übertragen und zieht die *molecular recognition* nach sich. Weitere Assoziationen werden in diesem Zusammenhang hervorgerufen, die auf biochemische Phänomene transferiert werden. Es wird von chemischen Reaktionen gesprochen, in denen sich *Reaktanden befragen, sich untersuchen* und sich für eine nachfolgende Reaktion als geeignet *erkennen*.

Die Metapher funktioniert in einem solchen Zusammenhang also weniger aufgrund einer objektiv vorhandenen Ähnlichkeit oder Analogie, als dass sie solche Ähnlichkeiten oder Analogien herstellt.

„A memorable metaphor has the power to bring two separate domains into cognitive and emotional relation by using language directly appropriate to the one as a lens for seeing the other; the implications, suggestions, and supporting values entwined with the liberal use of metaphorical expression enable us to see new subject matters in a way ... Metaphorical thought is a distinctive mode of achieving insight, not to be construed as an ornamental substitute for plain thought.” (Black 1962, S. 236f.).

Black verdeutlicht jedoch auch, dass die durch die Metapher aufgerufenen Gemeinplätze durchaus vorurteils- und fehlerhaft sein können. Als Beispiel führt er die Metapher „Man is a wolf“ an, durch welche der Mensch als unsoziales, aggressives und bedrohliches Wesen dargestellt wird, indem der fehlerhafte Gemeinplatz *Wolf* gebraucht wird (Black, M.; zitiert nach Jäkel 1997, S. 100f).

Für die Verwendung der Modelle in den Wissenschaften überträgt Black seine Ausführungen: „They (die Modelle; Anm. d. Verf.), too, bring about a wedding (!) of disparate subjects, by a distinctive operation of transfer of the implications of relatively well-organized cognitive fields“ (Black 1962, S. 237).

Auch spricht er der Metapher (und dem Modell) durch das festgestellte Abhängigkeitsverhältnis der sprachlichen Metapher von kognitiven Prozessen eine theoriekonstitutive Funktion zu, die insbesondere in den Naturwissenschaften und im Bereich der Technik unentbehrlich ist.

### ***Metaphern in Fach- und Wissenschaftssprachen***

Allgemein werden von einer Fachsprache präzise und kontextautonome Begriffe gefordert und gewünscht. Begriffe, die im Rahmen neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse kreiert werden (müssen), sollen definatorischen und konventionalisierenden Charakter haben. Konnotationen, insbesondere affektischer oder emotionalisierter Art, sollen dabei nicht in Erscheinung treten (Fluck 1976, S. 47).

Diese strengen Forderungen lassen sich jedoch nur in der Formelsprache der Mathematik (und anderen stark abstrakten Bereichen der Chemie, Physik und Technik) umsetzen. Allgemein kann auf Sprache als innerstes Medium der Kommunikation jedoch auch in den Naturwissenschaften nicht verzichtet werden, wenn man sich von mathematischen Bezeichnungen entfernt. Da Sprache aber polyvalent ist und monosemantische Ausdrücke eine Minderheit bilden, misstraut man ihr traditionell im Bereich der Naturwissenschaften. Sie wird häufig eher als notwendiges Übel denn als theoriekonstituierende Chance verstanden (Kretzenbacher 1995). Der zentrale Gedanke, dass die Termini der Fachwortschätze das Wesen eines Begriffes so zutreffend wie möglich darstellen sollen, hat lange Zeit die Sprache der Naturwissenschaften bestimmt und spiegelt sich im Strukturalismus der Prager Schule, deren bekanntester Vertreter Roman Jakobson ist, wider. Hums z.B. äußert diesbezüglich:

„Die richtige Motivation einer Benennung ist jedoch nicht ein für allemal gegeben, denn Genauigkeit ist historisch stets konkret in Abhängigkeit vom jeweiligen Erkenntnisstand.“ (Hums 1988, S. 43).

Weiterhin weist Spada (1997) darauf hin, dass es keine unterschiedlichen Wortschätze für objektive und subjektive Erkenntnis gibt. Der Wunsch einer „amorphistischen“ Sprache, welche für objektive und monovalente Beschreibungen gültig wäre, lässt sich nicht erfüllen, denn die Begriffe der Sprache haben stark referentiellen Charakter und sind immer an sich ständig verändernde Erfahrungen und Erkenntnisse gebunden.

„This means that our subjective categories are the only means to perceive a differentiated reality, and that this appears only through our descriptions. Of course, reality can force us to change our descriptions, because, for instance, we get inconsistent answers“ (Spada 1997, S. 42).

Auch die Tatsache, dass heute nur noch sporadisch völlig neue Lautkörper entstehen<sup>72</sup>, lässt die genannten Forderungen an eine semantisch transparente Sprache der Naturwissenschaften ins Leere laufen. Wenn nämlich neue Lautkörper nicht gebildet werden, folgt daraus, dass sich neue Begriffe nur durch die Neuorganisation bereits vorhandener sprachlicher Elemente ergeben können.

Wie lässt sich dann aber erklären, dass eine Übertragung vorhandener Sprachelemente auf neue Begriffe dennoch nur einen kleinen interpretativen Spielraum zulässt?

Eine Antwort liefert Daneš (1982), indem er das Prinzip von der Stabilität und der Variabilität in den Wortschatzbeziehungen anführt.

„Das bedeutet (...), daß die Sprache als gesellschaftliche Erscheinung die wesentliche Fähigkeit besitzt, sich nach bestimmten Strukturgesetzen zu verändern, ohne daß diese Veränderungen, die auf äußere und innere Impulse reagieren, den Systemcharakter der Sprache zerstören, so daß die Benutzer der Sprache das Gefühl haben, ständig ein und dieselbe Sprache zu gebrauchen.“ (Daneš 1982, S. 105).

Die mögliche Übertragung eines sprachlichen Zeichens auf einen neuen Gegenstand ist demnach grundsätzlich erlaubt, im Hinblick auf die soziale Funktion der Sprache (einerseits Resistenz gegenüber Veränderungen und andererseits Akzeptanz notwendiger innerer und äußerer Einflüsse) sogar notwendig. Hierbei ist als Basis ein stabiler Begriff vorauszusetzen, der als Verständigungsvariante einer Sprachgemeinschaft anzusehen ist. Oder anders formuliert: Der Begriff, der ins Bewußtsein gerufen wird, ist als kollektiver geistiger Besitz aller Kommunikanten der Sprachgemeinschaft aufzufassen. Unter dieser Voraussetzung ist eine Übertragung dieses Begriffs auf einen neuen Gegenstand möglich, immer im Vertrauen darauf, dass beim Rezipienten ein entwickeltes metaphorisches Bewusstsein ausgeprägt ist. Der Rezipient muss also die indirekte Bezugnahme bzw. Anspielung erkennen und verstehen können. Die ursprünglich erhobene Forderung nach einer Kontextunabhängigkeit des Terminus wird an dieser Stelle durch Daneš stark relativiert, wie Hums anmerkt (Hums 1988, S. 44).

Übertragungen metaphorischer Art, wie sie in dieser Arbeit im Mittelpunkt stehen und zu denen Animismen zählen, sind als wesenserschließende Benennungen zu betrachten. Die Vorteile dieser Begriffe liegen in ihrer „Kürze sowie ihrer heuristischen und memorierfreundlichen Potenz“ (Hums 1988, S. 45). Da Lernprozesse am erfolgreichsten sind,

---

<sup>72</sup> Neue Lautkörper entstehen eher in literarisch-ästhetischen Bereichen, so z.B. in der Onomatopoeik, die sich der Wortbildung durch Lautnachahmung widmet.

wenn etwas Unbekanntes durch etwas Bekanntes erläutert wird, stellen metaphorische Benennungen zwischen Ausgangsbegriff und neu zu benennendem Begriff eine verständnisfördernde Beziehung her. Naturwissenschaftliche Prozesse und Phänomene können von einem Laien besonders gut verstanden werden, wenn er sie vor seinem ‚geistigen Auge‘ (!) simulieren kann. Daraus ergeben sich als sprachliche Gebilde Agentivierungen, Teleologisierungen und Anthropomorphisierungen.<sup>73</sup> Besonders fruchtbar sind metaphorische Benennungen, wenn es um Phänomene geht, die im submikroskopischen Bereich anzusiedeln sind, die ohne Hilfsmittel unsichtbar und nicht mehr ohne weiteres verständlich sind. Pausch zeigt am Beispiel der modernen Physik die Grenzen der Wissenschaftssprache auf. So behandeln manche Methoden der modernen Physik Phänomene, die außerhalb von Fixierungsmöglichkeiten durch Sprachmittel liegen. Er verweist auf Gesprächsaufzeichnungen Heisenbergs, in denen dieser erläutert, dass einerseits Gesetze formuliert werden, die anders sind als die der klassischen Physik, dass dazu aber klassische Begriffe ohne Bedenken eingesetzt werden. Heisenberg erkennt jedoch die Notwendigkeit solchen Handelns, da der Mensch in der Kommunikation (und in der Mitteilung neuer Erkenntnisse) auf Sprache angewiesen ist (Pausch 1991, S. 411ff).

Verlässt man den Raum mathematischer Darstellungsweisen, zeigen sich die Unzulänglichkeiten sprachlicher Beschreibungen. Sprachliche Mitteilungen haben dann streng genommen nur noch didaktischen Charakter. Grundbegriffe der modernen Naturwissenschaften werden dem Laien (aber auch dem Forscher nachbarschaftlicher Disziplinen) anhand einer Bildsprache näher gebracht, wobei die Bildsprache unterschiedliche Abstraktionsniveaus beinhalten kann, je nach Wissensstand des Adressaten. Der metaphorische Ausdruck wird Substituent des komplexen mathematischen Ausdrucks.

Metaphern als alltagssprachliche Elemente dienen aber nicht nur als Hilfsmittel in der Kommunikation zwischen Wissenschaft und Alltag. Sie werden auch von der Wissenschaftssprache assimiliert. Viele wissenschaftliche Terminologien sind voller Metaphern, wie z.B. die Begriffe *weißer Zwerg* und *roter Riese* aus dem Bereich der Astro-

---

<sup>73</sup> Auch auf den ästhetischen Charakter metaphorischer Sprache soll kurz eingegangen werden, in dem auf ein Zitat Ingendahls zurückgegriffen wird: „In der Wissenschaft ist die Intention der Verschönerung (durch metaphorische Benennungen; Anm. d. Verf.) kaum noch anzutreffen; zum Festhalten eines erstmal Gedachten oder Gefundenen einerseits und als Verständnishilfen für den Leser andererseits wird aber die Metapher gerade in diesem Bereich immer gebraucht werden.“ (Ingendahl 1971, S. 210).

In diesem Standpunkt spiegelt sich die doppelte Potenz der Metapher wider, nämlich einerseits als rhetorisches Stilmittel und andererseits als erkenntniserschließender Ausdruck.

nomie oder *Elektronenwolke* und *Chelat-Komplex* aus dem Bereich der Chemie verdeutlichen. Die so gebildeten Fachwörter werden innerhalb einer wissenschaftlichen Disziplin schnell konventionalisiert, so dass ihr metaphorischer Charakter nicht mehr erkannt wird. Der konnotative Wert, der sich in der Alltagssprache noch kontextabhängig zeigt, verliert sich in der innersprachlichen Kommunikation.

„Bei metaphorisch gebildeten wissenschaftlichen Fachwörtern hat dieser doppelte semantische Wert nahezu keine Entsprechung. Deshalb spricht man bei solchen Fachwörtern auch von ‚Pseudometaphern‘, ‚habitualisierten Metaphern‘ oder – metaphorisch – von ‚toten Metaphern‘.“ (Kretzenbacher 1995, S. 184).

Wie gezeigt wurde, kann auf metaphorische oder modellhafte Ausdrücke kaum verzichtet werden, sobald abstrakte Sachverhalte verbalisiert werden. Wenn die Metapher somit unhintergebar ist, sollte sie bewusst in wissenschaftlicher Rede verwendet werden. Gessinger bezieht sich auf Lakoff & Johnson und sieht in metaphorischer Rede einen idealen Kandidaten, neue Sachverhalte der Wissenschaft sprachlich zu erschließen. Aus semantischer Sicht ergibt sich ‚neuer Sinn in alten Wörtern‘ und epistemologisch gewendet ‚eine teilweise Strukturierung einer (neuen) Erfahrung in den Begriffen einer anderen (schon vertrauten) Erfahrung‘ (Gessinger 1992, S. 30).

Als besondere Form des anschauenden Denkens sind Metaphern „das geheime Band zwischen dem sinnlichen und dem unsinnlichen Teil einer (allerdings nur scheinbar) zerschnittenen Welt.“ (Gessinger 1992, S. 34).

„Metaphern sind eine besondere Form anschauenden Denkens – oder einer sprachlichen Extension der Sinne und in gewissen theoretischen Kontexten deshalb nicht ersetzbar, weil sie die notwendige Versinnlichung des Gegenstandes garantieren“ (Gessinger 1992, S. 45). Dadurch erhalten Metaphern sowohl eine theoriekonstitutive als auch eine pädagogische Funktion.

Dass Metaphern über eine pädagogische Funktion hinausgehen, verdeutlicht Nieraad (1977) und verweist in diesem Zusammenhang auf Bruner. Dieser geht davon aus, dass am Anfang aller Erkenntnis die wirkungsvolle, kräftige Überraschung steht.<sup>74</sup> Durch kreative Prozesse und mit dem Mittel der innovativen Metapher ist dieser gewünschte überraschende Effekt zu erreichen. Als zentrale Art der schöpferischen Überraschung führt Bruner die *predictive effectiveness* an. „Eine Kreativität, die, etwa in Form natur-

---

<sup>74</sup> Bruner bezieht sich dabei auf die Ausführungen Aristoteles' zur Metapher (s.o.).

wissenschaftlicher Theoriebildung, zu hohen Voraussagewerten führt.“ (Bruner, zitiert nach Nieraad 1977, S. 83).

Die Überlegungen Bruners nimmt Nieraad auf und verdeutlicht, dass alle Formen der kreativen Überraschung letztlich auf kombinatorischen Aktivitäten beruhen, denen zwei zentrale Bedingungen zugrunde liegen: Einerseits muss der Wille zur Distanzierung von traditionellen Konzepten und Wahrnehmungsgewohnheiten vorhanden sein, andererseits aber auch die Fähigkeit zur Schaffung neuer Perspektiven und Einstellungen. Sind diese Bedingungen erfüllt, wird im Akt der Traditionszurückweisung neue Tradition gestiftet. Als Sonderfall kombinatorischer Aktivität fasst Nieraad dabei die metaphorische Kreativität auf (Nieraad 1977, S. 83f).

Im Prozess wissenschaftlicher Theoriebildung erkennt Nieraad drei mögliche Funktionen der Metaphorik. Neben der didaktischen Funktion, die auf eine bessere Verständlichkeit von Erkenntnissen durch Veranschaulichung zielt, führt er die Erkenntnisfunktion an. Die Metaphorik übt hier keine Erkenntnis einleitende oder transportierende Funktion aus, sondern wird als notwendige Form ‚anschaulicher‘ Erkenntnis neben den Formen der diskursiven Erkenntnis verstanden. Und schließlich erkennt Nieraad eine heuristische Funktion der Metaphorik. Er bezieht sich wieder auf Bruner, der in diesem Zusammenhang „die charakteristische Formulierung von der ‚Zähmung‘ der oft am Anfang der wissenschaftlichen Erkenntnis stehenden metaphorischen Kombinatorik“ anführt (Nieraad 1977, S. 84).

Ein weiterer Metaphoriktypus, der jedoch aller wissenschaftlichen Theoriebildung vorausgeht, ist die Epochenmetaphorik. Nieraad fasst hierunter metaphorische Paradigmen zusammen, die eine perspektivische Haltung ganzer Epochen charakterisieren. Diese metaphorischen Paradigmen bestimmen das Verhältnis der Forschergenerationen zur ‚Wirklichkeit‘ wesentlich mit (Nieraad 1977, S. 84f). Aufgrund ihres historisch-kulturellen Ursprungs beeinflussen sie demnach Denkweise und Kreativität des Forschungsprozesses.<sup>75</sup>

---

<sup>75</sup> Ein Beispiel für die theoriekonstitutive Leistung der Metapher, die in diesem Falle auch als Epochenmetaphorik diskutiert werden kann, führt Bloch an: „So war bei Johannes Kepler die theoretische Wahrheit metaphorisch geleitet von der Vorstellung der mathematisch-harmonischen Vernunft als höchster Ausdruck der göttlichen Vollendung im Weltall: sein Leitbild war die vollkommene geometrische Figur, die Kreisbahn also. Erst die Messungen der tatsächlichen, nämlich elliptischen, Marsbahn durch Tycho de Brahe zwangen ihn zur Aufgabe des Idealbildes einer kreisförmig konzentrischen Weltarchitektur. Die Wahrheit indessen der unerwarteten Evidenz bei der astronomischen Beobachtung wurde von Kepler erst durch den ihm in den Sinn kommenden *Sündenfall* anerkannt, den er zur Lösung des Widerspruchs in die kosmische Natur einführt: durch ihn ergibt sich die dem Kreis nächstvollkommene Figur, die Ellipse. Das

Die theoriekonstitutive Funktion der Metapher wird auch durch den Zusammenhang zwischen metaphorisch-analogischem und modellierendem Denken deutlich. Während das *Dimensionsmodell* eine maßstabsgerechte Wiedergabe des Originals ist, wird das *Analogiemodell* in der Wissenschaft zur Erklärung komplizierter Sachverhalte eingesetzt. Im Fokus stehen dann nicht mehr Proportionen oder Eigenschaften sondern Eigenschaftsbeziehungen. Das Modell verhält sich zum Original wie etwas besser Bekanntes zu etwas weniger Bekanntem. Der Weg vom Analogiemodell zum *theoretischen Modell* (...) vollzieht sich über das analogische Schließen.

„Das analogische Schließen besteht nun darin, von den M und O gemeinsamen Relationen a, b, c, d auf eine Relation e in O zu schließen, die in M gegeben ist. Unter dieser Voraussetzung werden dann am Modell Theorien über O entwickelt, daran Aussagen über das künftige Verhalten von O abgeleitet, in M eingearbeitet und an O überprüft“ (Nieraad 1977, S. 93).

Metapher und Modell haben demnach ähnliche kognitive Funktionen. Sowohl bei der Metapher als auch bei dem Modell werden zwei unterschiedliche Bereiche miteinander in Beziehung gesetzt, um Verständnis zu generieren und den Gegenstand in einer neuen Betrachtungsweise zu erfassen. Black pointiert den Zusammenhang von Metapher und Modell und beschreibt ein Modell auch als „sustained und systematic metaphor“ (Black 1962, S. 236).

Die Metapher wendet sich in Folge der genannten Phänomene nicht nur an das Publikum außerhalb der engeren Disziplin, sondern auch an dasjenige innerhalb der engeren Disziplin.<sup>76</sup> So haben Metaphern gerade im Anfangsstadium neuer Theorien die Eigenschaft, Interesse zu erzeugen. Wenn Nietzsche in diesem Zusammenhang von der „intuitiven Öffnung des Denkens“ spricht (Gessinger 1992, S. 44), kann dies durchaus als Rückgriff auf die schon erwähnte Aristotelische Metaphysik verstanden werden.

Allgemein betrachtet sind metaphorische Benennungen somit besonders gut geeignet, den zwei dominierenden Tendenzen im Deutschen nachzukommen, die Braun (1979)

---

treibende Motiv der Keplerschen Gesetze ist folglich ein metaphorisches, das als solches in die Theoriebildung produzierend eingebaut wurde und ihr nicht äußerlich war.“ (Bloch, J. B. 1996. S. 182).

<sup>76</sup> Gessinger stellt fest, dass angelsächsische und amerikanische Autoren und Wissenschaftler dem ‚common sense‘ in Form alltagstauglicher Metaphern erheblich unvoreingenommener gegenüberstehen als ihre deutschen Kollegen. Somit finden diese Metaphern auch eher Zugang zu ihren Texten und wissenschaftlichen Ausführungen. Die Ursachen dieses Phänomens werden von ihm aber nicht näher beleuchtet (Gessinger 1992. S. 43).

ausgemacht hat, nämlich einerseits der Tendenz der Verwissenschaftlichung und andererseits der Tendenz der alltagssprachlichen Kommunikation.

### *Animistische Metaphern*

Lange Zeit galten speziell animistische und hier im Besonderen anthropomorphistische Metaphern als unangemessen bei der Beschreibung naturwissenschaftlicher Phänomene. Dijksterhuis (1956) verdeutlicht dies an dem von Johannes Canonicus eingeführten Begriff des *horror vacui*. Johannes Canonicus beschreibt damit die aus den pneumatischen Erscheinungen gewonnene Erkenntnis, dass in der Natur kein Vakuum möglich ist. Aufgrund seiner anthropomorphen Ausdrucksweise wurde der Begriff jedoch lange Zeit belächelt und verspottet.

„Man macht sich lustig über die durch den Begriff Horror suggerierte Vorstellung von der Natur eines gefühlsbegabten Wesens und vergisst dabei, daß auch die moderne Physik fortwährend Ausdrücke gebraucht, die nicht weniger anthropomorph sind. Spricht man nicht unbekümmert von dem Streben eines Metalls, Ionen in eine Lösung zu senden; nimmt jemand Anstoß daran, wenn gesagt wird, daß Kräftepaare oder Kräfte etwas zu tun versuchen, und hat man etwas dagegen, von einer Vorliebe zu sprechen, die in der Natur besteht?“ (Dijksterhuis 1956, S. 160).

Wenn als die zentralen Wirkungsmomente der Metapher Verlebendigung, Veranschaulichung und Vergegenwärtigung genannt werden können, dann scheint die Leistung der animistischen Metapher im Akt der Verlebendigung zu liegen. Indem die animistische Metapher Dinge oder Sachverhalte lebendig vor Augen führt, verbindet sie zwei verschiedene Dinge aufgrund ihrer identischen Wirkweisen: „Der metaphorische Akt der Verlebendigung des Unbelebten setzt zwischen zwei verschiedenen Dingen und zwischen den getrennten Gattungen des Lebendigen und des Leblosen eine partielle Identität voraus, nämlich im Hinblick auf Momente ihres energetischen Charakters.“ (Bremer 1980, S. 359).

Warum insbesondere animistische und anthropomorphistische Metaphern hilfreich in der Beschreibung naturwissenschaftlicher Sachverhalte sind, erläutert Jakob (1991) am allgemeinen Bereich der Technik. Er sieht Technik (und unter diesen Begriff können auch Bereiche wie z.B. Physik und Chemie gefasst werden) als anthropologische Konstante.

Der Mensch hat seit frühester Zeit versucht, sich die Natur anzueignen und zu erschließen. Die von ihm entwickelten Werkzeuge für dieses Vorhaben hatten ursprünglich starken Bezug zum tierischen oder menschlichen Körper (z.B. der *hämmernde* Specht). Organimitation ist in vielen Bereichen zu erkennen. „In allen Bereichen, in denen sich die Anthropologie mit dem Verhältnis von Mensch und Technik beschäftigt, werden das ‚Organhafte‘ der Technik, die Einmaligkeit der ‚Organschaffung‘ gegenüber dem Tier und die morphologische Sonderstellung des Menschen betont.“ (Jakob 1991, S. 15).

Dass die Organschaffung bzw. die Imitation der Organe auch entsprechende sprachliche Konsequenzen nach sich zieht, ist verständlich. Jakob zeigt am Beispiel *Flügel* den Einzug des Begriffs in die Technik auf und verweist auf Begriffe wie *Flügelmutter*, *Kotflügel*, *Fensterflügel*, *Flügel einer Schiffsschraube* usw. Die metaphorischen Übertragungen aus der Sprache der Natur in die Techniksprache sind zahlreich und in vielen Bereichen zu finden (Jakob 1991, S. 20ff.).

Auch Ernst Cassirer (1964) verdeutlicht in seinem Werk über die *Philosophie der symbolischen Formen* die erkenntniserschließende Rolle des menschlichen Körpers bei der Deutung der Welt. Sich auf Kant rückbeziehend stellt er die kognitive Bedeutung der sinnlichen Anschauung als konstitutiv für die Erkenntnis der räumlichen Anschauung heraus. In den allgemeinen Ausdrücken, die der Bezeichnung geistiger Prozesse dienen, tritt die Mitwirkung der räumlichen Vorstellung deutlich hervor, wobei als im Mittelpunkt aller räumlichen Bezugnahme die Körperorientiertheit des Menschen liegt (Cassirer 1964, S. 150). Ausgehend von diesem Fluchtpunkt erschließt sich der Mensch seine Umwelt.

„Nachdem sich für den Menschen das Bild des eigenen Körpers einmal scharf ausgeprägt hat, nachdem er ihn als einen in sich geschlossenen und in sich gegliederten Organismus erfasst hat, dient er ihm gleichsam als Modell, nach welchem er sich das Ganze der Welt aufbaut. Hier besitzt er eine ursprüngliche Koordinationsebene, auf die er sich im weiteren Fortgang immer wieder zurückzieht und zurückbezieht – und der er demgemäß auch die Benennungen entnimmt, die dazu dienen, diesen Fortgang sprachlich zu bezeichnen.“ (Cassirer 1964, S. 159). Dass als Konsequenz anthropomorphe bzw. animistische Begriffe zur Erklärung der Welt entstehen, ist einleuchtend.

Gebhard (2001) verdichtet die Ausführungen Cassirers und verdeutlicht, dass der menschliche Weltbezug, also sowohl der Bezug zur nichtmenschlichen wie zur menschlichen Umwelt, immer ein symbolischer ist. Daraus ergibt sich für den Menschen ein

die Umwelt repräsentierendes Symbolsystem, welches den Kontakt zwischen Subjekt und Objekt, zwischen Innen und Außen herstellt. Die Natur als nichtmenschliche Umwelt kann demnach nicht als diskretes äußeres Phänomen betrachtet werden, sondern muss immer als ein mit subjektiver Bedeutung aufgeladenes Symbolsystem verstanden werden (Gebhard 2001, S. 32f).

Wenn das Verhältnis zur Welt somit kein unmittelbares ist, gewinnen Metaphern als Symbolisierungsmöglichkeiten an dieser Stelle ihre Bedeutung, da sie Erkenntnis ermöglichen aber auch begrenzen können. Metaphorische Deutungsmuster sind demnach unhintergebar.

Der Übergangsbereich von Ich und Welt, welcher als Kontaktraum zwischen diesen beiden fungiert, ist demnach symbolisch manifestiert. Die Symbolisierungsprozesse, die den Übergangsbereich generieren, entnehmen ihr Material sowohl aus der äußeren Natur als auch aus dem Ich bzw. der inneren Natur. Beide Bereiche können somit als Metaphernvorrat betrachtet werden. Der erste Bereich, in der die äußere Natur als Metaphernvorrat dient, führt zu physiomorphen Symbolen, der zweite Bereich, in der die innere Natur als Metaphernvorrat dient, führt zu anthropomorphen Symbolen (Gebhard 2001, S. 34).

Gebhard weist auf den Zusammenhang von psychischer Gesundheit und dem Reichtum an symbolischen Bildern hin, indem er anführt, dass nur eine persönliche Aneignung der Welt sinnstiftend ist, während nackte Fakten und Erklärungen der Welt zu kurz greifen. Metaphern, die für den Symbolisierungsprozess konstitutiv sind, verleihen der an sich unbegreiflichen Welt erst Sinn; in ihnen verbinden sich Vertrautheit schaffende Ich- und Weltanteile.

„Da Symbolisierungen auf realen Erfahrungen beruhen und diese verdichten, sind Symbole auch Ausdruck der Qualität und der Tönung unserer Beziehung zur Welt. Sie repräsentieren Weltbezug und Lebensgefühl zugleich.“ (Gebhard 2001, S. 36).

Mit dieser Aussage verlässt Gebhard den eher erkenntnistheoretischen Fokus der Metaphertheorie und stellt die entwicklungspsychologische Relevanz der Metapher (und im Rahmen dieser Arbeit enger betrachtet der Animismen) als Symbolisierungsgrundlage heraus (vgl. Kapitel 2.3.2.2).

Auch Gehlen übernimmt die Gedanken Cassirers und verdeutlicht, dass sich in animistischen Metaphern ein sprachliches Symptom der Wechselwirkung zwischen Mensch, Natur und Technik zeigt und bezeichnet dies als Resonanzphänomen:

„Und wenn wir heute noch vom ‚Gang‘ der Gestirne, vom ‚Gang‘ der Maschine reden, so sind das keine oberflächlichen Vergleiche, sondern aus der Resonanz heraus objektivierte Selbstauffassungen bestimmter Wesenszüge des Menschen – der die Welt nach seinem Bilde interpretiert und umgekehrt sich nach Weltbildern.“ (Gehlen 1957, S. 16f). Das von ihm begrifflich eingeführte Resonanzphänomen ist nach Jakob durch animistische Metaphern besonders gut auszudrücken, da diese die Sachverhalte aus Natur und Technik angemessen beschreiben können. Somit sind sie kein Stilmittel, sondern Ausdruck von elementaren Deutungsmustern der Welt (Jakob 1991, S. 21). Er stellt heraus, dass der Mensch zwar die Technik lebendig oder gar menschlich deutet, dass er aber nicht an ein ‚Leben‘ im Werkzeug oder in der Maschine glaubt. In das Alltagshandeln eingebundene technische Handlungen werden infolgedessen ohne weitere Reflexion in vermenschlichende Sprachhandlungen eingebunden (Jakob 1991, S. 25).

Auch Teleologisierungen sind in der Sprache der Technik üblich und treten gehäuft auf, auch wenn diese teleologisierenden Animismen bzw. Anthropomorphismen häufig kritisiert werden: „Da wir freilich Zielsetzung und Zielverfolgung für spezifisch menschliche Fähigkeiten zu halten haben, erscheint uns jene Redeweise, sofern sie sich auf nicht menschliche Systeme bezieht, als anthropomorphisierende Metapher, die unfruchtbare Missverständnisse heraufbeschwören kann und daher vermieden werden sollte.“ (Ropohl 1979, S. 72).

Die Kritik Ropohls greift hier zu weit, da sie bei der Sprache ansetzt und nicht bei dem fehlenden Wissen über technische oder naturwissenschaftliche Vorgänge. Anthropomorphisierendes und teleologisierendes Sprechen ist unbedenklich, da es als anthropologische Konstante der Alltags- und Technik- bzw. Wissenschaftssprache anzusehen ist. Es kann als sprachliches Symptom einer sehr alten Verwobenheit von Alltag und Technik aufgefasst werden. Die Nichttrennbarkeit von naiver Alltagstheorie und naivem Technik- bzw. Naturwissenschaftswissen manifestiert sich in diesem Sprechen. Somit sind Metaphern der Technik- oder Wissenschaftssprache als sprachliche und kognitive Modelle aufzufassen.

Die wissenspsychologischen Gründe dieser Betrachtungsweise erläutert Jakob unter anderem mit einer Kritik an Piaget (Jakob 1991, S. 29ff). Als Grundprinzip menschlicher Wissensspeicherung sieht Jakob die Verwendung von Analogien zu bestehendem Vorwissen und eine darauf fußende modellhafte Repräsentation anderer Wissensbestände.

Im Hinblick auf die Verlebendigungsmetaphorik (Animismus) führt er als Beispiel die Teleologisierung und Agentivierung von Naturereignissen an. Wenn z.B. gesagt wird *der Fluss tritt über die Ufer* oder *das Hochdruckgebiet wandert weiter*, dann ist jedem klar, dass Fluss und Hochdruckgebiet keine willenseigenen Lebewesen sind und demnach sind diese sprachlichen Benennungen unbedenklich.

Die Unbedenklichkeit einer Verlebendigungsmetaphorik zeigt sich auch darin, dass der vollständige Abbau animistischer Beschreibungen nicht so stattfindet, wie Piaget es formuliert hat (vgl. Kap. 2.1.1). „Die kindlichen Vorstellungen sind prinzipiell nichts anderes als die animistischen Deutungen unserer naiven Alltagstheorien. Sie sind allenfalls eine graduell gesteigerte Vorform, deren ‚Extremwerte‘ im Laufe des Reifungsprozesses abgebaut werden, deren ‚Normalformen‘ aber lebenslang bestehen bleiben.“ (Jakob 1991, S. 33).

Wissensgeschichtlich lässt sich der Weg über naiv-kindliche und animistische Vorstellungen zur Alltagstheorie also nachvollziehen. Nur in der Theoriebildung endet er bei den naturwissenschaftlichen Erklärungen. Doch in der Alltagssprache wird dieser letzte Schritt nicht bewusst vollzogen, so dass die Alltagstheorie sprachlich und kognitiv auf einem eher archaischen Stand stehen bleibt.

Jakob versteht den aus entwicklungspsychologischen Akzenten entwickelten Animismus lediglich als eine Sichtweise, „die komplementär zum Resonanzphänomen und zu den Isomorphismen gesehen werden muß: hier die entwicklungspsychologische und ontogenetische, dort die anthropologische und phylogenetische Akzentuierung.“ (Jakob 1991, S. 33).

Weitere Erkenntnisse zur Funktionsweise (animistischer) Metaphern liefert die Theorie der metaphorischen Konzepte von Lakoff und Johnson aus den 80er Jahren.<sup>77</sup> Menschliches Handeln, Erfahrungen und die Sprache sind demnach in einzelne Konzepte gegliedert, wobei hier insbesondere die *orientational metaphors* erwähnt werden müssen.

---

<sup>77</sup> Eine genauere Diskussion der kognitiven Metapherntheorie von Lakoff & Johnson findet hier nicht statt. Es sind aber zwei zentrale Aspekte dieser Theorie zu erwähnen. Da auch unbekannte Metaphern oftmals ohne Probleme verstanden werden, muss die Verwendung und Produktion von Metaphern im Bereich der linguistischen Semantik thematisiert werden. Als Folge dieser Forderung ergeben sich konzeptuelle Metaphern, die als systematische Verbindung zwischen zwei konzeptuellen Domänen (in denen generell Wissen abgespeichert wird) fungieren. Die eine Domäne ist als Zielbereich definiert, während die andere Domäne als Ursprungsbereich verstanden wird. Somit ist die zentrale Funktion der Metapher durch diese Übertragung die Erklärungs- bzw. Verständnisfunktion.

Als Fazit kann die Erkenntnis gezogen werden, dass einzelne metaphorische Ausdrücke nicht isoliert zu sehen sind, sondern als sprachliche Realisierungen konzeptueller Metaphern (vgl. Jäkel 1997).

Diese metaphorischen Konzepte beruhen auf physischer und psychischer Erfahrung der Menschen und besitzen demzufolge eine große Universalität.

Da diese Metaphern stark körperbezogen sind, müssen sie als universale Metaphorik aller menschlicher Sprachen gelten. Denn „die elementare und für alle Menschen identische Körper-Erfahrung ist (...) weder kulturabhängig noch theoriegeleitet, sondern aus unmittelbarer Alltagserfahrung des Körpers und der Sinnesorgane hergeleitet.“ (Jakob 1991, S. 38).

### ***Kritik an metaphorologischen Benennungen***

Es soll an dieser Stelle aber auch die Kritik am Nutzen der Metapher bzw. die häufig angeführte potenzielle Gefahr des Umgangs mit ihr erwähnt werden. In jüngster Zeit werden nicht nur die kreativen und theoriekonstitutiven Leistungen einer Metaphorologie der Wissenschaften diskutiert, sondern „auch die Gefahren, die daraus erwachsen, daß ein zutrauliches Verhältnis zu im Grunde unvorstellbaren und nicht auszudenkenden Ereignissen entsteht.“ (Mattenklott 2000, S. 330).

Durch sinnenfreundliche Sprache werden mögliche Angriffe auf den Grundbestand menschlichen Lebens humanisiert und sprachlich verharmlost. Blumenberg stellt in diesem Zusammenhang neben der erkenntnisfördernden auch die erkenntnisbehindernde Bedeutung der Metapher heraus.

„Es ist in der Funktion der Metapher begründet, daß sie etwas Vorgreifendes, über den Bereich des theoretisch Gesicherten Hinausgehendes hat und diesen orientierenden, aufspürenden, schweifenden Vorgriff verbindet mit einer Suggestion von Sicherungen ... Sie nutzt die Suggestion der Anschaulichkeit und ist dadurch nicht nur Vorstufe oder Basis der Begriffsbildung, sondern verhindert sie auch oder verleitet sie in Richtung ihrer Suggestion.“ (Blumenberg 1971, S. 212).

Hier bleibt die immer wieder geäußerte Forderung, dass man sich im technischen bzw. wissenschaftlichen Bereich genauer und richtiger artikulieren müsse, unausgesprochen sichtbar.

Gerlach (1962) ist der Auffassung, dass Modellsprache (als eine Form metaphorischer Rede) nur im strengen Rahmen der Fachsprache benutzt werden darf. Sobald die Modellsprache aber in der Kommunikation mit Laien einzieht, bilden sich bei diesen Fehlvorstellungen, „die wohl sehr schwer auszurotten sind.“ (Gerlach 1962, S. 64). Die Unzulänglichkeit der Modelle wird vom Laien nicht erkannt. Diese Gefahr besteht insbe-

sondere in den submikroskopischen Themenfeldern der Naturwissenschaften, da dort makroskopische Anschauungen auf (sub)mikroskopische Bereiche übertragen werden. Laut Gerlach ist das nicht zulässig. Er führt als Beispiel die Quantenphysik an, die neue Erkenntnisse über den Atomaufbau geliefert hat, so dass klassisch-mechanistische Modelle in der Beschreibung des Atomaufbaus nur noch eingeschränkt zulässig sind.

Es stellt sich nun zwangsläufig die Frage, wie man einem Laien eine Vorstellung von submikroskopischen Vorgängen vermitteln will, wenn man nicht auf allgemein verständliche, alltägliche Modelle zurückgreifen darf. Wenn schon Fachwissenschaftler entsprechende Modelle benutzen, da sie ansonsten an die Grenzen der Sprache und des Verständlichen geraten, wie soll dann dem Laien eine „richtige“ Vorstellung vermittelt werden?

Ischreyt (1968) setzt dem entgegen, dass „Richtigkeit“ zwar gefordert werden könne, dass sich dieser Begriff aber auf verschiedenen Ebenen unterschiedlich gestaltet. „Freilich bedeutet richtiges Sprechen in der Technik weithin eine formale Leistung, also die richtige Anwendung fixierter Termini, in der Dichtung dagegen eine im weitesten Sinne ästhetische Leistung und im Miteinandersein der Menschen eine ethische Leistung. ‚Richtigkeit‘ wird überall verlangt, ist aber auf Verschiedenes bezogen. Sie bleibt außerdem eine nie ganz verwirklichte Anforderung an den Expedienten und den Perzipienten des jeweiligen Kommunikationsaktes.“ (Ischreyt 1968, S. 83).

Bei der Betrachtung der Animismen in metaphorischer Funktion führen diese Überlegungen zu weit. Denn hier geht es eher um die heuristische Leistung der Metapher, „vermöge derer das Bild wie ein weit offener Trichter und Blickfang wirkt, der die Sinne anlockt, hineinzuschauen, um sie anschließend in die analytische Vertiefung begrifflicher Erkenntnis engzuführen.“ (Mattenklott 2000, S. 331). Die pragmatische, d.h. die didaktische Funktion steht im Vordergrund. Animismen sind als Hilfen für Lehrer und Schüler anzusehen, da sie durch eine starke Bildhaftigkeit und Rückbezug auf die Erfahrungswelt insbesondere der Schüler sinnstiftend wirken (Watts, Bentley 1994).

Auch der Kritik einer möglichen Variabilität, die durch eine anthropomorphe Ausdrucksweise unter Verwendung metaphorischer Stilmittel entstehen könnte, lässt sich begegnen. Zwar lassen anthropomorphe Wendungen durchaus verschiedene semantische Auslegungen zu, da individuelle Inhaltssysteme in Kommunikation miteinander treten. Doch ergibt sich in den meisten Fällen immer wieder ein relativ konstantes, über-

individuelles System. Man kann dieses als zentralen Charakter einer funktionierenden Sprache ansehen (Pausch 1971, S. 422). Die potenzielle Polysemie des Wortes (hier im engeren Sinne der metaphorischen Benennung) wird durch die Kontextabhängigkeit eingeschränkt. Erst im jeweiligen Kontext, in dem das Wort geäußert wird, enthält es seine Bestimmtheit. Das bedeutet, dass die Metapher zwar einen neuen Aspekt, einen neuen Gegenstand ins Bewußtsein hebt, dass dessen Umgebung aber „als natürliche und (oder) sprachlich geschaffene bereits gestaltet und gegliedert vor(liegt).“ (Ingendahl 1971, S. 194).

Ingendahl spricht in diesem Zusammenhang auch von der „Notwendigkeit der Mitwirkung eines ‚aufnehmenden Sinnbezirks‘ als Projektionsbasis“ (Ingendahl 1971, S. 194). Diese Notwendigkeit verdeutlicht eine zentrale Funktion der Metapher, nämlich Aspekte hervorzuheben, neu zu werten und zu akzentuieren. Völlig neue Gegenstände werden durch Metaphern selten bezeichnet oder erobert. Die Verständnissicherung ist demnach nicht im Einzelwort, sondern im gedanklichen Gesamtkonzept zu suchen.

Dass auch theoriekonstitutive Metaphern überflüssig werden können, verdeutlicht Gessinger (1992). Während literarische Metaphern durch häufigen Gebrauch leer und kraftlos erscheinen können, stehen theoriekonstitutive Metaphern erst dann zur Disposition, wenn der Teil der Theorie, den sie tragen, oder aber die gesamte Theorie zur Disposition stehen. „Im ersten Fall eröffnet die Metapher keine neuen Perspektiven mehr, im zweiten die falschen.“ So muss man sich von der Metapher trennen, da sie ansonsten „zur Destruktion konstitutiver Teile der Theorie verwendet werden“ könnten (Gessinger 1992, S. 47).

Legitim ist aber die Einführung neuer Metaphern, welche die bisher gültigen ablösen, weil etwa neue Erkenntnisse am Gegenstand eine Beibehaltung des alten Begriffes nicht mehr erlauben. Eine „alte“ oder „falsche“ Metapher beizubehalten, würde eine bis zu dem Zeitpunkt „erkennende“ oder „erhellende“ Metapher zu einer „verfälschenden“ machen (Ingendahl 1971, S. 193). Neue Metaphern könnten demgegenüber allerdings wieder sinnstiftend wirken.

Letztendlich ist anzuführen, dass eine strenge und präzise Sprache den Erkenntnisprozess auch behindern kann. In diesem Zusammenhang verdeutlicht Heisenberg, dass die Logik die Voraussetzung einer wissenschaftlichen Sprache schafft, dass Sprache aber auch durch die Vielzahl ihrer Ausdrucksmittel und deren Polyvalenz Erkenntnisse hervorrufen kann: „Jedes gesprochene Wort ruft in unserem Denken ja nicht nur eine be-

stimmte Bewegung hervor, die uns voll bewußt wird und die man als die gemeinte Bedeutung des Wortes bezeichnen kann, sondern es gleiten mit dem aufgenommenen Wort noch viele Nebenbedeutungen und Assoziationen durch das Halbdunkel unseres Bewusstseins, die, obwohl sie kaum wahrgenommen werden, doch für den Sinn des gehörten Satzes wesentlich sein können. Unter Umständen kann gerade dieses Gewebe von nur halbbewussten Vorstellungen, das durch die Sprache hervorgerufen werden kann, den Sinn dessen, was ausgesprochen werden soll, besser wiedergeben als ein scharfes logisches Schlußverfahren.“ (Heisenberg 1967, S. 20).

Hier wird wiederum die Unhintergebarkeit der Metapher deutlich. Richards (1936; deutsch 1996) verdichtet Heisenbergs Überlegungen in seinen Ausführungen, indem er hervorhebt, dass Denken vergleichend verfährt und somit metaphorisch ist. Die Metapher kann als Transaktion zwischen Kontexten aufgefasst werden, als Austausch von Gedanken.

Auch Bloch befürwortet den Metapherngebrauch, da er perspektivische Verschiebungen ermöglicht und neue Bedeutungszusammenhänge produziert:

„Die Metapher geht furchenziehend (um in der Metapher zu bleiben: dem Pflug gleich, der den Ackerboden aufschleift, daß Samen und Wachstum berge) durch das Gebiet, das sich einer veränderten Betrachtungsebene aussetzt, und produziert neue Bedeutungszusammenhänge. Die Metapher stellt die Dinge in eine bestimmte Perspektive (sie werden mit anderem Licht unter einem veränderten Winkel erhellt): die Dinge werden mit dem neuen Bezug als etwas gesehen, was vordem nicht sichtbar war.“ (Bloch 1996, S. 189).

Als Fazit lassen sich an dieser Stelle - neben der erwähnten Kritik an metaphorologischen Benennungen (vgl. S. 76ff.) - einige Argumente für den Gebrauch von (animistischen) Metaphern in den Naturwissenschaften auflisten. Metaphern

- 1) verdeutlichen den kreativen Aspekt im Prozess wissenschaftlicher Entdeckung,
- 2) haben erkenntniserschließenden Charakter und erfüllen somit eine kognitive Funktion,
- 3) führen in wissenschaftlicher Rede zu einer guten Verständlichkeit, sowohl in Bezug auf Laien, als auch im informellen Diskurs zwischen Wissenschaftlern und
- 4) haben stark motivationalen Charakter. Dadurch lässt sich eine affektive Bindung an naturwissenschaftliche Phänomene generieren.

### 2.4.2 Exkurs: Analogie, Metapher und mentales Modell – eine Differenzierung

Abschließend soll hier in Kürze trotz der damit verbundenen Schwierigkeit eine Abgrenzung der Begriffe Analogie, mentales Modell und Metapher versucht werden. Dies erscheint als notwendig, da der oftmals zu beobachtende fehlerhafte synonyme Gebrauch dieser Begriffe ihre Diskussion erschwert.

Jakob (1991, S. 50ff.) verdeutlicht am Beispiel der Elektrizität die Unterschiede. Analogie wird dabei als höchstrangige und allgemeine Bezeichnung für alle Relationen zwischen zwei Vergleichsgrößen betrachtet.<sup>78</sup> Die Herstellung einer Relation ist ein selbstverständlicher Prozess der Informationsverarbeitung und insbesondere in Lehrsituationen anzutreffen.<sup>79</sup> So könnte eine Analogie im Bereich der Elektrizitätslehre lauten:

„*Stell dir vor, Elektrizität sei ‚irgendwie ähnlich‘ wie eine Flüssigkeit.*“

Empirische chemiedidaktische Untersuchungen, wie z.B. von Sumfleth & Kleine (1999), zeigen auf, dass durch eine angemessene Analogiewahl komplexe Vorgänge verständlicher werden. Dabei bleiben die Lernenden nicht bei oberflächlichen Merkmalen hängen, sondern gelangen eigenständig zu tiefergehenden Strukturen. Es ist dabei auffällig, dass nicht nur Probanden mit geringem Vorwissen Analogien als Hilfsmittel benutzen, sondern dass auch jene mit gutem Vorwissen sie als Kontrollinstrument benutzen.

Als Konsequenz aus einer Analogie bildet sich ein mentales Modell heraus, was im weiteren Verlauf für die Problembewältigung und Wissensspeicherung nützlich ist.<sup>80</sup> Es bildet sich, bezogen auf das obige Beispiel, das *Modell Flüssigkeit* heraus, was zur Bewältigung des Bereichs der Elektrizität immer wieder benutzt wird.

Die Metapher ist schließlich der sprachliche Ausdruck dieses Modells und für die sprachliche Formulierung und intersubjektiven Austausch notwendig. Typische Begriffe in der Elektrizitätslehre sind demnach *Strom, fließen, Leitung* etc.

---

<sup>78</sup> Jakobs Ausführungen sind ähnlich zu denen Duits (1991), der eine Unterscheidung der Begriffe und ihren Sinn in Vermittlungsprozessen ebenfalls beschreibt.

<sup>79</sup> Thiele & Treagust haben Analogien in Chemielehrbüchern untersucht und festgestellt, dass sie besonders häufig in thematischen Einführungen anzutreffen sind. „It was determined that analogies were more frequently used towards the beginning of a textbook. (...) The finding that analogies are used more often at the start of a textbook, however, could indicate that the authors are trying to use more ‘student friendly’ strategies.“ (Thiele & Treagust 1994, S. 72).

<sup>80</sup> In ihrer Schematheorie haben Rumelhart & Norman (1981) die Rolle von Analogien herausgearbeitet. Neue Schemata, in denen allgemein Wissen gespeichert wird, entstehen per Analogie, indem Strukturen eines vertrauten Bereichs auf den neu zu lernenden Bereich übertragen werden. In dieser konstruktivistischen Sichtweise entsteht neues Wissen somit aktiv auf der Basis bekannten Wissens durch Analogiebildungsprozesse.

Zusammenfassend vergleicht Duit Analogie und Metapher folgendermaßen: „An analogy *explicitly* compares the structures of two domains; it indicates identity of parts of structures. A metaphor *implicitly*, highlighting features or relational qualities that do not coincide in two domains.“ (Duit 1991, S. 651).

Jakob macht auf zwei unterschiedliche Modellarten aufmerksam, die oftmals in der theoretischen Diskussion vermengt werden. Während das oben beschriebene mentale Modell als *analogisierendes Modell* aufzufassen ist, können mentale Modelle auch als *innere Modelle* aufgefasst werden. Im ersten Fall wird eine Wissensverknüpfung zwischen zwei verschiedenen Wissensbereichen hergestellt, um komplexe Sachverhalte besser verstehen zu können. Im zweiten Fall wird ein Modell angenommen, das man sich von einem komplexen Sachverhalt der äußeren Realität macht. Eine Wegbeschreibung setzt z.B. das innere Modell eines Stadtplans voraus. Um die erstrebte Handlung durchführen zu können (nämlich den Weg von A nach B zurückzulegen), wird der Wissensbestand rigoros auf das reduziert, was notwendig für diese Handlung ist (Jakob 1991, S. 43ff).

Beide Modelle geben nur bestimmte Eigenschaften realer Sachverhalte wieder und sind somit unvollständig, wenn auch auf verschiedenen Niveaus. Doch diese Komplexitätsreduktion ist zulässig, solange ihre Anwendung dadurch nicht behindert wird. In Lehr- und Lernprozessen sind mentale Modelle unverzichtbare Lernhilfen.

„Eben weil sie Komplexität reduzieren und auf evtl. falschen ‚Simplifizierungen‘ aufbauen und Analogien bilden, die man alltagssprachlich als ‚hinkende Vergleiche‘ charakterisieren würde, leisten sie in lehrhaften Texten den wichtigen Effekt der ‚Veranschaulichung‘. Viele ‚undurchschaubare‘ Prozesse bedürfen einer Umsetzung in eine externe Repräsentation.“ (Jakob 1991, S. 48).

Eine weitere wichtige Unterscheidung in der Modelldiskussion soll an dieser Stelle noch erwähnt werden. Wie deutlich wurde, besitzen Modelle auf unterschiedlichen Niveaus Aussagekraft. Das *mentale Modell* lässt sich dabei eher dem Laien zuschreiben. In ihm ist alles repräsentiert, was zum alltäglichen Verständnis komplexer Sachverhalte notwendig ist.

Neben diesem Modelltypus kann man weiterhin das *konzeptuelle Modell* klassifizieren, das insbesondere bei Experten (Wissenschaftler, Lehrer, Ingenieure etc.) anzusiedeln ist. Hierbei handelt es sich um ein auf Fachwissen gegründetes Modell eines Systems.

In ihm ist der Zielbereich angemessen repräsentiert; angemessen in dem Sinne, dass das Modell gründlich, konsistent und nahezu vollständig ist.

Wenn man diese Differenzierung der Modellniveaus auf den naturwissenschaftlichen Unterricht überträgt, muss man sie zur linguistischen Differenzierung von Fachsprache und Alltagssprache in Beziehung setzen. So ergeben sich die spezifischen metaphorischen Konzepte der Fachsprache aus den konzeptuellen Modellen, während sich die spezifischen metaphorischen Konzepte der Alltagssprache aus den mentalen Modellen ergeben.

„Das heißt, die ‚äußere‘ gemeinsame Sprachmetapher von Alltags- und Fachsprache verdeckt und nivelliert möglicherweise eine semantische Differenz und das unterschiedliche Wissensniveau auf dem Hintergrund verschiedener Modelle.“ (Jakob 1991, S. 47). Dieser Aspekt sollte von der Lehrperson ständig im Hinterkopf behalten werden, und sie sollte sich regelmäßig vergewissern, dass im Unterricht semantische Differenzen im Modellgebrauch so gering wie möglich bleiben.

Auch der im unterrichtlichen Zusammenhang eher selten benutzte Begriff der *Fiktion* ist im Umfeld von Modell, Analogie und Metapher zu diskutieren. Gröger verdeutlicht am Beispiel der Genese des Ostwaldschen Verdünnungsgesetzes die Bedeutung der Fiktion im wissenschaftlichen Forschungsprozess (Gröger 1996; Scharf & Gröger 1996). Er stellt heraus, dass eine Abgrenzung der Begriffe Fiktion, Metapher, Symbol, Analogie und Modell schwer fällt, da alle Begriffe gewisse Bedeutungsüberschneidungen untereinander aufweisen. Eine genauere Differenzierung führt er infolgedessen nicht aus.

Sein Verständnis des Begriffs der Fiktionen führt er dabei auf Mittasch (1937) zurück, für den sie nicht „willkürliche und haltlose Einbildungen, Erdichtungen und Schimären“ sind. Vielmehr dienen sie dem Erkenntniszuwachs, indem sie „Unanschauliches“ durch anschauliche Sprache erläutern und versinnlichen.

„Die Fiktion knüpft an den Vorerfahrungen an und stellt eine mögliche Brücke zwischen Bekanntem und Unbekanntem, Theorie und Empirie, Logischem und Sinnlichem, Kognitiven und Affektivem dar.“ (Scharf & Gröger 1996, S. 54).

Da sie weiterhin auf „vermenschlichte Denkmodelle zurückgreift“ (Gröger 1996, S. 15), wird ihre Verwandtschaft zur erkenntnistheoretischen Leistung der (animistischen) Metapher hier besonders gut deutlich.

### **2.4.3 Legitimation einer animistischen Vermittlung aus entwicklungspsychologischer Sicht: Symbolische Aufladung und Sinnstiftung**

Möchte man die entwicklungspsychologische Funktion des Animismus bei der Vermittlung naturwissenschaftlicher Phänomene diskutieren, ist es im Vorfeld notwendig, die psychische Bedeutung der nichtmenschlichen Umwelt zu erläutern.

Eine erste Auseinandersetzung mit diesem Sachverhalt hat der Erziehungswissenschaftler und Biologiedidaktiker Gebhard (1990, 1993, 2001, 2002; Gebhard & Lück 2002) geführt.

#### ***Der Einfluss der nichtmenschlichen Umwelt auf die psychische Entwicklung***

Gebhard geht in seinen Überlegungen von dem dreidimensionalen Persönlichkeitsmodell der Ökologischen Psychologie aus. Dieses besagt, dass die Persönlichkeit des Menschen nicht nur aus einer Auseinandersetzung des Menschen mit sich selbst oder mit anderen resultiert, sondern dass sie auch durch die nichtmenschliche Umwelt entscheidend beeinflusst wird. Somit versucht die Ökologische Psychologie Person und Umwelt aufeinander zu beziehen, wobei aber unter Umwelt nicht nur die nichtmenschliche materiale technische Umwelt verstanden wird, sondern die Gesamtheit der relevanten Umgebung des Menschen, also auch seine mitmenschliche, soziale Umgebung (Gebhard 2001, S. 15ff).

Die Beziehung von Mensch und Umwelt muss dabei als eine interaktive, gegenseitig voneinander abhängige Verbindung verstanden werden und nicht als Beziehung von einander getrennten Entitäten. Die Repräsentation der nichtmenschlichen Objekte besitzt infolgedessen einen hohen symbolischen Wert und ist nicht nur ein Spiegel der Umwelt (Gebhard 2002, S. 22).

Gebhard verweist auf Searle, der als einziger einen konsistenten psychoanalytischen Ansatz liefert, indem die Bedeutung der nichtmenschlichen Umwelt für die Persönlichkeitsentwicklung reflektiert wird.

Die grundlegende Verwandtschaft des Menschen mit seiner nichtmenschlichen Umwelt, von der Searle ausgeht, zeigte sich lange Zeit in einer animistischen Weltauffassung, die unter anderem erst durch die Entwicklung der Naturwissenschaften zurückgedrängt wurde (Gebhard 2001, S. 21). Die Isomorphie von Mensch und Umwelt, die Kern ani-

mistischer Weltauffassungen ist, besitzt seitdem nur noch in der psychoanalytischen Entwicklungslehre Relevanz, wird aber auch dort teilweise in Zweifel gezogen oder abgelehnt.<sup>81</sup>

Für Freud gibt es in der frühen Entwicklung des Kindes eine Phase, in der es noch nicht zwischen „Selbst“ und äußeren Objekten, zwischen Subjekt und Objekt unterscheiden kann, wobei hier allerdings nur menschliche Objekte gemeint sind. Erst wenn es zur Verarbeitung der realen Trennung zur Mutter kommt, wird diese primär-narzisstische Position aufgehoben.

Kritiker einer solch frühen symbiotischen Phase hingegen wie z.B. Stern (1992) führen aufgrund von Säuglingsbeobachtungen an, dass Kinder auch schon in frühen Entwicklungsphasen zwischen Subjekt und Objekt differenzieren können und sich eine symbiotische Phase nicht beobachten lässt (Gebhard 2001, S. 22f).

Trotz der genannten Kritik geht Searle weiterhin davon aus, dass es eine relative Einheit nicht nur mit primären Bezugspersonen gibt, sondern dass auch andere, (nicht-)menschliche Objekte und die Erfahrungen mit diesen entscheidend für die Persönlichkeitsentwicklung sind.<sup>82</sup>

Winnicott (1990) bezieht sich auf diesen Zusammenhang und führt den Heimatbegriff ein, den Gebhard wiederum aufnimmt. „Dieses basale Heimatgefühl konstituiert sich aus der Erfahrung der gelungenen und als befriedigend erlebten Beziehung zu den primären Objekten: Das sind Menschen, Gegenstände, Pflanzen, Tiere, Häuser Landschaften, Steine usw.“ (Gebhard 2001, S. 23).

In der psychischen Entwicklung spielen die Differenzierung von Ich und Umwelt und das damit einhergehende Bedürfnis nach Objekten laut Searle eine entscheidende Rolle. Zum Aufbau von Ich-Strukturen kann es demnach nur kommen, wenn der Mensch sich aus der anfangs subjektiv erlebten Einheit mit den Dingen befreit und somit Ich und

---

<sup>81</sup> In der Kognitionspsychologie findet sich in diesem Zusammenhang der Begriff des Egozentrismus, wie ihn Piaget geprägt hat. Die Dinge der äußeren Welt werden bei Kindern im Fokus ihrer emotionalen Bedürfnisse gesehen und entsprechend animistisch interpretiert. Erst durch kognitive Lernprozesse wird die relative Einheit von innerer und äußerer Realität überwunden (vgl. auch Kap. 2.1.1).

<sup>82</sup> Hieraus erwächst auch die Bedeutung der wechselseitigen Beziehung zwischen einer gesunden Umwelt und der menschlichen Psyche, wie Gebhard verdeutlicht: „External nature never ceases to influence our internal, mental nature and vice versa. A diverse and intact external nature will therefore have a positive effect on our psychological mind (...) The destruction of the environment is not a natural phenomenon exclusively, but has to be associated socio-psychologically with the internal condition of humanity today“ (Gebhard 2002, S. 23).

Umwelt zunehmend voneinander getrennt werden.<sup>83</sup> Der Prozess der Differenzierung ist aber eine lebenslange Aufgabe, da auch ältere Kinder und Erwachsene mit der nichtmenschlichen Umwelt ein Leben lang affektiv verbunden bleiben. Demnach lässt sich eine dialektische Doppelstellung des Menschen zu seiner Umwelt erkennen.

„So sehr die potentielle Verbundenheit mit den Objekten auch als ozeanisch (nach Freud; Anm. d. Verf.) oder paradiesisch erscheinen oder auch verklärt werden mag, die Differenzierung und Separation gehört von Anfang an zu den Bedingungen der psychischen Entwicklung. Jedoch gilt angesichts der angesprochenen Dialektik im selben Maße auch die Komplementäraussage: So sehr das Kind und auch der Erwachsenen die Welt der Objekte sich gegenüberstellt, er bleibt doch auch immer mit ihnen verbunden.“ (Gebhard 2001, S. 29).

Um die dialektische Doppelstellung aushalten zu können, muss der Mensch die gleichzeitige Existenz einer innerseelischen und einer äußeren Realität akzeptieren und miteinander vereinbaren. Winnicott schlägt in diesem Zusammenhang eine Art Übergangsraum vor. In diesem fiktiven Raum bewegt sich der Mensch ständig zwischen innerseelischen Prozessen und äußerer Realität hin und her. In ihm wird die Verwandtschaft von Mensch und nichtmenschlicher Umwelt offensichtlich (Winnicott 1990, S. 34).

Winnicott verweist in diesem Rahmen auch auf die Bedeutung der Übergangobjekte (z.B. Teddys, Puppen, Spielzeug etc.) in der psychischen Entwicklung des Kindes. Kinder schaffen sich diese, wenn sie sich zum ersten mal der Abhängigkeit von der Mutter bei gleichzeitigem Getrenntsein von ihr bewusst werden. Den Übergangobjekten der nichtmenschlichen Umwelt kommt insoweit ein psychischer Wert zu, wie sie dem Kind in seiner Entwicklung Halt gewähren (Winnicott 1990, S. 34, 146ff).

Diese Relevanz verdeutlicht auch Gebhard: „Die Fähigkeit zum Erwerb von Übergangobjekten zeigt insofern auch eine hinreichend geglückte Beziehung zu Menschen als auch eine hinreichend geglückte Beziehung zu belebten und unbelebten Dingen an.“ (Gebhard 2001, S. 40).

Die nichtmenschliche Umwelt ist für die gesunde psychische Entwicklung des Kindes folglich unerlässlich. Wenn im Laufe der psychischen Entwicklung das Verhältnis zu der nichtmenschlichen Umwelt geklärt ist, wendet sich das Kind bzw. der Jugendliche verstärkt menschlichen Objekten zu, wie es in der Pubertät zu beobachten ist.

---

<sup>83</sup> Auch hier ist in dem Begriff der im Alter fortschreitenden Differenzierung zwischen Subjekt und Umwelt eine Beziehung zur Kognitionspsychologie Piagets zu erkennen.

Die nichtmenschliche Umwelt bleibt aber auch in späteren Jahren (und infolgedessen auch für den Erwachsenen) relevant, da sie den Hintergrund des menschlichen Lebens bildet. Die „Verwandtheit“ mit der nichtmenschlichen Umwelt bietet eine zentrale emotionale Orientierung und ermöglicht erst das Gefühl einer eigenen menschlichen Individualität (Gebhard 2001, S. 30f). Somit hängt die Konstituierung des Selbst wesentlich mit den Erfahrungen zusammen, die das Subjekt mit „Objekten“ gemacht hat (Gebhard 2001, S. 42). Dies bestätigen auch empirische Befunde wie z.B. von Fuhrer, Kaiser & Hangartner (1995) sowie Fuhrer & Laser (1997), in denen auch vom *Prozess der Kultivation* gesprochen wird. Dinge und Orte werden in der Entwicklung des Selbst bedeutsam, nämlich indem erstere den Besitzer von seiner sozialen Umwelt abheben und seine Individualität akzentuieren, während letztere als soziale Handlungsräume relevant sind. Dinge und Orte werden demnach so ausgewählt, dass sie der sozialen Mitwelt die gewünschte Definition des eigenen Selbstkonzepts symbolisch vermitteln.

### ***Die Rolle animistischen Denkens bei der Persönlichkeitsentwicklung***

Animistisches Denken bei Kindern steht insbesondere vor dem schulischen Hintergrund immer wieder in der Kritik (vgl. Kap. 2.2.2 und 2.3.1) und wird oftmals als zu überwindende defizitäre Kognitionsstufe angesehen. Dabei soll im Unterricht der Abbau animistischen Denkens vorangetrieben werden.

Gebhard (2001) löst sich von dieser radikalen Forderung und stellt die Bedeutsamkeit animistischen Denkens bei Kindern heraus.<sup>84</sup> Neben der kognitiven Interpretation der Welt offenbart sich im animistischen Denken nämlich auch ein affektiver Zugang zu ihr, der schützenswert ist. Die Verkürzung des Phänomens des animistischen Denkens auf den rein kognitiven Aspekt greift seiner Meinung nach zu kurz, und er stellt den affektiven Aspekt in den Fokus seiner Überlegungen:

„Affekt und Kognition gehören (...) untrennbar zusammen: Es gibt keine Kognition ohne den dazugehörigen Affekt, und auch umgekehrt gibt es keinen Affekt ohne dazugehörige Kognition.“ (Gebhard 2001, S. 65).

Ausgangspunkt seiner Ausführungen ist die psychoanalytische Betrachtung der affektiven Komponente in der Persönlichkeitsentwicklung. Sich auf Sachs beziehend, verdeut-

---

<sup>84</sup> Eigene empirische Arbeiten bestätigen Gebhard in der Annahme, dass animistische und anthropomorphe Betrachtungs- und Erklärungsansätze bei Kindern auch über ein Alter von 10-12 Jahren hinausgehen und bedeutsam sind. So sind sie über alle Altersstufen zu finden, wenn auch in abgeschwächter und etwas versteckter Form (Gebhard 2002, S. 23).

licht er, dass animistische Vorstellungen bei Kindern einer psychodynamisch zu verstehenden Abwehr- und Verdrängungsgeschichte entspringen. Im Verlaufe des oben beschriebenen Differenzierungsprozesses werden Ich-Anteile auf die äußere Welt projiziert, worauf animistische Vorstellungen folgen.

„Die Phantasiepersonen, mit denen die ganze Natur erfüllt wird, sind zunächst nichts anderes als Wiederholungen des eigenen Ichs die nach dem Mechanismus der Projektion in die Außenwelt versetzt werden“ (Sachs 1912, S. 126; zitiert nach Gebhard 2001, S. 66f).

Die Animismen bzw. Anthropomorphismen in kindlichen Interpretationen werden während der Entwicklung zwar überlagert, bleiben jedoch bedeutsam für das Welt- und Persönlichkeitsbild. Eher werden sie in eine symbolische Beziehung zur Welt umgewandelt, in der eine animistische Weltinterpretation zwar noch enthalten ist, die aber gegensätzlich zur objektiven Erkenntnis steht. An diesem Punkt wird eine gepaarte Weltaneignung deutlich:

„Bei der ‚Objektivierung der Außenwelt‘ handelt es sich um die Entwicklung sozusagen ‚richtiger‘ bzw. objektiver Erkenntnis im Dienste der Anpassung an die sachlichen Bedingungen der Umwelt. Bei der ‚Subjektivierung der Umwelt‘ handelt es sich dagegen um die Entwicklung emotionaler Beziehungen zu den Objekten und um den Aufbau symbolischer Ordnungen. Die Umwelt erhält so eine subjektive, individuelle Bedeutung. Beide Bezüge zur Welt sind gleichermaßen für den Menschen wichtig.“ (Gebhard 2001, S. 68).

Analytisch lassen sich die beiden Weltaneignungen zwar trennen, in menschlichen Handlungen und Wahrnehmungen gehen sie jedoch Hand in Hand. Somit sind sie nicht alternative Zugänge zu den Dingen der Welt, sondern vielmehr komplementär und im Rahmen ihrer aktuellen Funktion verschoben. Steht die systematische, naturwissenschaftlich-technische Einflussnahme auf die äußere Realität im Vordergrund, dann verschiebt sich die Weltaneignung eher in den Bereich der Objektivierung. Der objektivierende Zugang liefert somit Einblick in die Bedingungen der Reproduzierbarkeit und bietet die Grundlage für eine Determinierbarkeit.

Kommt es jedoch zu Bedeutungszuschreibungen, in denen Ästhetisierungen, Werte oder Phantasien die zentrale Rolle spielen, gewinnt die Subjektivierung an Gewicht. Durch Symbolisierungen als eine Brücke zu bekannten Sachverhalten wird Vertrautheit geschaffen (Gebhard & Lück 2002, S. 101).

Dieser Sachverhalt sollte Konsequenzen für den naturwissenschaftlichen Unterricht nach sich ziehen. Eine alleinige objektivierende Sicht in der naturwissenschaftlichen Vermittlung unterschlägt die subjektivierenden Färbungen. Subjektiv bedeutsamer Sinn wird ausgegrenzt, Ding bzw. Objekt und Subjekt können sich nicht nahe kommen. Eine Vermittlung, die verstärkt die affektive Komponente berücksichtigt, und zu einer Subjektivierung der Umwelt führt, scheint demnach unerlässlich.

Gebhard versucht dieser Forderung nachzukommen und plädiert für einen bewussten Umgang mit Anthropomorphismen im Biologieunterricht. Erst wenn Symbolisierungen, wie z.B. Anthropomorphismen und Animismen nicht mehr im Lernprozess preisgegeben werden, wird dem Aufbau von Sinn eine Chance gegeben. Dieser Sinn führt dann zu einem Wissen, das nicht mehr träge ist, sondern für den Lernenden relevant wird, da es in seine Lebenswelt eingebettet ist.

### ***Der bewusste Umgang mit Anthropomorphismen im Biologieunterricht***

Gebhard weiß um die Kritik eines unreflektierten Anthropomorphismus, nämlich dass er zu einem anthropozentrischen Weltbild tendieren kann. So werden ökologische Krisen oftmals auf ein anthropozentrisches Weltbild bezogen, denn dieses impliziert eine Geringschätzung der Natur, die in ihrer Ausbeutung und Zerstörung mündet. Wenn man also ein anthropozentrisches Weltbild vermeiden möchte, müsse man schon frühzeitig Anthropomorphismen vermeiden, wie z.B. Vogel (1978), Eschenhagen et al. (1985) und Meyer-Abich (1984) fordern.

Hier hält Gebhard dagegen und verdeutlicht, dass eine anthropozentrische Haltung weniger Resultat anthropomorphen Denkens ist, sondern vielmehr Resultat einer naturwissenschaftlich-technischen Objektivierung der nichtmenschlichen Umwelt; denn sie resultiert durch Vermeidung affektiver Aspekte in einer entseelten und nichtmenschlichen Perspektive (Gebhard 2001, S. 72f).

Im Bereich der Umwelterziehung werden jedoch affektive Ziele, wie z.B. die Liebe zur Natur, immer wieder gefordert. Ausgangspunkt bildet die Überlegung, dass ein schonender Umgang mit der Natur nur auf einer emotionalen Grundlage gründen kann.

„Nur was ich schätze, bin ich bereit zu schützen. Dabei ist es natürlich keine Frage, daß zum Schätzen auch das Kennen gehört. Aber ebenso ist es keine Frage, daß man nur etwas schätzen kann, wozu man auch eine Beziehung hat. Insofern ist von dieser Seite

her betrachtet die Schwächung des kindlichen Animismus, der Abbau von Anthropomorphismen, als eine affektive Verarmung zu sehen.“ (Gebhard 2001, S. 74).

Aus diesen Überlegungen entwickelt sich ein Dilemma. Gebhard macht darauf aufmerksam, dass ein unbewusster Umgang mit Animismen bzw. Anthropomorphismen zwei schädliche Konsequenzen nach sich ziehen kann. Einerseits besteht die Gefahr eines sich entwickelnden radikalen Egozentrismus, der zu einem destruktiven Anthropozentrismus führt, wie oftmals befürchtet wird. Andererseits besteht die Gefahr einer Entseelung der Umwelt und somit einer Gleichgültigkeit ihr gegenüber, indem man animistische, affektive und subjektivierende Komponenten aufgibt.

Ein naturwissenschaftlicher Unterricht muss demnach dazu führen, diese Spannung zwischen den beiden Positionen auszuhalten und fruchtbar zu machen. Neben der naturwissenschaftlichen Sicht der Dinge, die naturgemäß gelehrt werden muss, sollte dem Kind im Vermittlungsprozess aber auch das Recht gewährt werden, Naturphänomene animistisch-anthropomorph zu deuten. Dann kann es neben einer „objektiven Kenntnis“ der Umwelt auch zu einer Sinnaufladung kommen. Die nichtmenschliche Umwelt gewönne dann den Wert, der ihr zusteht, was einen verantwortungsvollen Umgang mit ihr nach sich zöge.

„If nature (symbolically) becomes a mirror for humanity, this provides reasons for conserving the natural environment.“ (Gebhard 2002, S. 25).

Die oftmals geäußerte Befürchtung, eine animistisch-anthropomorphe Weltaneignung stünde im logischen Widerspruch zur naturwissenschaftlich-objektiven Erkenntnis, erweist sich genauer betrachtet als unberechtigt. Denn beide Perspektiven zielen auf unterschiedliche Dimensionen, die sich jedoch nicht widersprechen sondern komplementär verhalten. Erstere zielt auf eine symbolisch vermittelte, subjektive Bedeutung, während letztere ein objektives Bild der Realität nachzuzeichnen versucht. Das Zusammenspiel beider Perspektiven führt zu einer mit Sinn aufgeladenen Erkenntnis.

Dies muss sich in einem angemessenen (naturwissenschaftlichen) Unterricht widerspiegeln. Den Lernenden sollte es möglich sein, die symbolische Bedeutung der Lerngegenstände zu erschließen. Die Valenzen dieser symbolischen Bedeutungen sollten dann hilfreich in der Aneignung „objektiver Fakten“ eingesetzt werden, so dass sich abschließend konstruktiv Sinn aufbauen lässt.

Erleichtert wird die Erschließung subjektivierender Bedeutungen, indem unterrichtliche Gegenstände an die Lebenswelt der Schüler angebunden werden. Ist dieser erste Schritt

vollzogen, lässt sich Fachwissen in eigene, relevante Bedeutungszusammenhänge besser aktiv integrieren.

### **2.4.4 Legitimation animistischer Vermittlung aus motivationspsychologischer Sicht: Generierung eines langfristigen Interesses**

Möchte man die motivationale Funktion animistischer Vermittlung beleuchten, sind die Erkenntnisse der Motivationspsychologie aufschlussreich. Allgemein erklärt die Motivationspsychologie die Ursachen und Anreize bestimmter situativer Verhaltensweisen und versucht weiterhin zu klären, was einen Anreiz ausmacht und warum sich bestimmte Anreize auf verschiedene Personen unterschiedlich auswirken. So ist z. B. die Frage interessant, ob das Verhalten einer Person eher auf kognitiven oder affektiven Anreizen beruht. Und schließlich untersucht die Motivationspsychologie interpersonelle Verhaltensunterschiede und rückt dabei die Frage in den Mittelpunkt, wie genau sich ein momentaner Zustand auf überdauernde Persönlichkeitsmerkmale oder situative Lebensumstände zurückführen lässt.

Da Motivation<sup>85</sup> eine kontextabhängige Größe ist, stellt sich die Frage, wodurch die drei Dimensionen der Motivation, nämlich Zielgerichtetheit, Persistenz und Intensität des Verhaltens bestimmt werden.

In Vermittlungsprozessen spielt naturgemäß die Lernmotivation eine entscheidende Rolle.<sup>86</sup> Neuere Lerntheorien (Schiefele 1992, 1996, Krapp 1992, 1996, 1998) gehen davon aus, dass Lernmotivation als Wunsch aufzufassen ist, bestimmte Inhalte zu lernen, wobei die Zielstellungen eher nebensächlich sind. Liegt der Wunsch vor, eine Lernhandlung um ihrer selbst willen durchzuführen, weil sie als interessant, spannend oder zufriedenstellend beurteilt wird, spricht man von intrinsischer Motivation. Wird eine Lernhandlung aufgrund erhoffter positiver Folgen durchgeführt, liegt eine extrinsische Lernmotivation vor. Im Idealfall sollten Lernprozesse intrinsisch motiviert sein, jedoch lassen sich beide Motivationsarten nicht strikt voneinander trennen. So kann eine

---

<sup>85</sup> Motivation wird hier als aktuelle, zeitlich nicht überdauernde Disposition verstanden. Demgegenüber werden zeitlich überdauernde Ziel- oder Wertungsdispositionen Motive bzw. motivationale Persönlichkeitsmerkmale genannt (Schiefele 1996).

<sup>86</sup> Das Phänomen der Leistungsmotivation findet in dieser Studie keine Berücksichtigung. Diese wird definiert als Motivation, einen subjektiv verbindliche Güte- oder Mengengrad zu erreichen bzw. zu übertreffen. „Die Motivation richtet sich also auf einen Sachverhalt, der prinzipiell außerhalb der Lernhandlung liegt bzw. auf sie folgt.“ (Schiefele 1996, S. 62).

Lernhandlung anfangs extrinsisch motiviert sein, bevor sie intrinsisch zum Tragen kommt; und durch extrinsische Belohnungen lässt sich intrinsische Motivation gegebenenfalls eher aufrechterhalten als schwächen (Deci & Ryan 1993, S. 226f).

Im Vermittlungsprozess scheint insbesondere die gegenstandsorientierte intrinsische Motivation relevant zu sein, da die Anregung des Interesses an fachlichen Inhalten ein vorrangiges Unterrichtsziel ist.<sup>87</sup> Um intrinsisch motiviertes Verhalten zu erreichen, sollten nach Meinung von Deci & Ryan (1993, Ryan & Deci 2000) zwei zentrale Grundbedürfnisse des Lerners berücksichtigt und generiert werden: Selbstbestimmung und Kompetenz. Dem gemäß sollte das Anforderungsniveau der Aufgaben an den Lerner optimal sein. Wenn eine Aufgabe einerseits schwer genug ist, dass bei ihrer Bewältigung Kompetenzerlebnisse auftreten können, andererseits aber leicht genug ist, so dass der Lernprozess selbstbestimmt und ohne äußere Hilfestellungen bewältigt werden kann, dann herrschen gute Voraussetzungen für einen intrinsisch motivierten Lernprozess.

Beide Bedürfnisse sind allerdings nur notwendige, nicht aber hinreichende Faktoren für eine intrinsische Motivation. Neben diesen mittelbaren Determinanten gilt weiterhin das Interesse als wesentliche Voraussetzung intrinsischer Motivation. Das Interessenkonzept Krapps (1992, 1996, 1998) gibt diesen Sachverhalt wieder.

Krapp geht davon aus, dass sich Interesse im schulischen Lerngeschehen aus einer Interaktion zwischen der Person und dem Lerngegenstand ergibt. Zwei positive Bewertungstendenzen fallen in dieser Personen-Gegenstands-Beziehung zusammen: eine hohe subjektive Wertschätzung des mit dem Interesse verbundenen Gegenstandsbereichs (wertbezogene Valenz) und eine positive Einschätzung der emotionalen Erfahrung während der Interessenhandlung (emotionale Valenz). Daneben hat jeder Interessengegenstand auch eine kognitive Komponente, die das Wissen über den Gegenstand repräsentiert (Krapp 1998, S. 186).

Während sich ein überdauerndes und allgemeines Interesse im schulischen Rahmen nur schwer realisieren lässt, kann ein *situationales Interesse* durch bestimmte äußere Reize

---

<sup>87</sup> Hier wird die Abgrenzung zur extrinsischen Motivation deutlich. Da der Anreiz, sich mit einem Gegenstand zu beschäftigen von außen gesteuert ist, lässt sich von einer rein intrinsischen Motivation nur mit Einschränkung sprechen.

Weiterhin soll hier auf eine eher tätigkeitszentrierte intrinsische Motivation hingewiesen werden, bei der die Aktivität des Lernvorgangs im Vordergrund steht. Diese ist für den üblichen Vermittlungsprozess bzw. Schulunterricht eher zweitrangig.

durchaus generiert werden. Im Bereich des Textlernens ist situationales Interesse relativ gut erforscht. So zeichnen sich interessante Texte durch Verständlichkeit, partielle Überlappung mit dem Vorwissen des Lesers, Anschaulichkeit, persönliche Bedeutsamkeit und eine positive affektive Tönung aus. Um dauerhafte kognitive Effekte zu erreichen, müssen die positiven affektiven Anreize aber thematisch bedeutsam sein, da sie ansonsten vom Inhalt ablenken können (Hidi & Baird 1988, Hidi 1990, Frick 1992, McNamara et al. 1996, Schiefele 1996).

Aus situationalem Interesse lässt sich unter bestimmten Voraussetzungen ein dauerhaftes Interesse entwickeln (Krapp 1998). Die Schwierigkeit dieser Transformation besteht darin, dass die aus externen Anregungsfaktoren resultierende Neugier in eine anhaltende Bereitschaft zur lernwirksamen Auseinandersetzung mit dem neuen Lerngegenstand überführt werden muss. Will man dieses Ziel erreichen, ist es notwendig *catch- und hold-Komponenten* zu berücksichtigen.<sup>88</sup> Mit der *catch*-Komponente werden die Schüler für ein bestimmtes Thema begeistert. Dieser Prozess ist durch Überraschungen oder Diskrepanzerlebnisse relativ einfach zu steuern. Schwieriger ist es dagegen, das so generierte aktuelle Interesse durch *hold*-Komponenten aufrechtzuerhalten. Falls es u.a. gelingen sollte, dem Schüler den aktuellen Lerninhalt als persönlich sinnvoll wahrnehmen zu lassen, ist dies erreicht<sup>89</sup>; denn dann stehen bei ihm *sollen* und *wollen* im Einklang. Kann der Lehrer bzw. Vermittler durch bestimmte Lehr- und Motivierungstechniken die intrinsische Qualität des situationalen Interesses unterstützen, ist die Wahrscheinlichkeit eines dauerhaften Interesses gestiegen.

„Nur bei einer insgesamt positiven Bilanz der *Erlebensqualitäten* während des Lernens kann auch künftig mit einer persistenten Auseinandersetzungsbereitschaft im neuen Gegenstandsbereich gerechnet werden.“ (Krapp 1998, S. 192).

Dennoch lassen sich auch durch eine interessante Aufarbeitung des Unterrichtsstils und der Vermittlungsmethoden nicht alle Schüler für ein bestimmtes Thema gewinnen. Krapp zeichnet den Verlauf der Interessenbildung entwicklungstheoretisch auf. Ausgehend von den *universellen Interessen* der frühen Kindheit entwickeln sich durch die zunehmende Geschlechtsrollenspezifität und Rollenstereotype *kollektive Interessen*. Mit zunehmendem Alter und der fortlaufenden Entwicklung des Selbstkonzepts entwickeln

---

<sup>88</sup> Krapp bezieht sich in der Verwendung dieser Termini direkt auf Mitchell (1993).

<sup>89</sup> An dieser Stelle wird die Interdependenz zwischen Motivationspsychologie und den entwicklungspsychologischen Ausführungen Gebhards (vgl. Kapitel 2.4.3) deutlich.

sich immer spezifischere und längerfristige *individuelle Interessen*. „Die zunehmenden Filterungs- und Spezifizierungsprozesse in den individuellen Entwicklungsverläufen führen in der Summe zwangsläufig zu einer Reduktion des durchschnittlichen Interesses an einem bestimmten Fach.“ (Krapp 1998, S. 190).<sup>90</sup>

Für Köller ist die Kanalisation auf einige wenige Interessen notwendig im Sinne einer erfolgreichen Identitätsbildung. Dass damit auch Interessenverluste gerade im schulischen Bereich verbunden sind, stellt sich als zwangsläufige Konsequenz dar (Köller 1996, S. 32f).

Dennoch sollte man Schüler, deren Interessen nicht im naturwissenschaftlichen Bereich liegen, zu motivieren versuchen. Dies ist schon allein aufgrund der in den Schulgesetzen und Rahmenrichtlinien festgeschriebenen Aufgaben wie z.B. der Vermittlung von naturwissenschaftlichen Grundkompetenzen notwendig. Und auch der Forderung einer alltagstauglichen *Scientific Literacy* ist so eher nachzukommen (vgl. Kap. 2.1).

Betrachtet man die bisherigen Ausführungen zur Motivations- und Interessentheorie scheinen Animismen bei der Vermittlung naturwissenschaftlicher Inhalte beide eng miteinander verwobenen Konstrukte zu fördern.

Durch eine animistische Vermittlung wird insbesondere dem Kompetenzerleben der Schüler zugearbeitet, da eine animistische und stark subjektivierende Sprache als verständlich empfunden wird, was wiederum bei den Schülern das Gefühl der Kompetenz hervorruft. Dieses Kompetenzgefühl, das ursächlich durch externe Faktoren verursacht wird und somit extrinsisch motiviert ist, kann zu einer intrinsisch motivierten Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand führen. In verschiedenen empirischen Untersuchungen wurde nachgewiesen, dass zwischen der subjektiven Einschätzung des Textverständnisses und dem Interesse sowie dem tatsächlichen Lernerfolg hohe Korrelationen bestehen (Ryan, Connell, Plant 1990; Krapp 1992; Deci & Ryan 1993).

Auch das von Deci & Ryan geforderte optimale Anforderungsprofil lässt sich durch animistische Vermittlungsmethoden insbesondere im Anfangsunterricht Chemie gut erreichen. Eine an der Schülersprache und Erfahrungswelt nah angelegte animistische

---

<sup>90</sup> Auch dies sollte als Argument für eine frühzeitige Auseinandersetzung der Schüler mit den Naturwissenschaften angesehen werden. Setzt der naturwissenschaftliche Unterricht erst in der Sekundarstufe I ein, kann das individuelle Interesse der Schüler diametral entgegengesetzt zu ihm liegen. Das Plädoyer Lücks (2000, 2003) für eine frühzeitige Einführung naturwissenschaftlicher Themen auch in den vorschulischen Bereich gewinnt somit an Gewicht.

Sprache kann mögliche inhaltliche Schwierigkeiten ausgleichen. Neue Sachverhalte können somit eher als interessant denn als überfordernd angesehen werden.

Es kann weiterhin angenommen werden, dass animistische Vermittlungsmethoden durch ihre affektive Tönung nicht nur eine positive emotionale Valenz zum Lerngegenstand generieren, sondern dass darüber hinaus der wertbezogenen Komponente nachgekommen wird, wenn auch eventuell nur eingeschränkt. Durch eine wiederholt emotional und kognitiv positiv empfundene Lernsituation kann der Rang, den der Lerngegenstand in der individuellen Werthierarchie der Schüler einnimmt, erhöht werden. Im weiteren Vermittlungsprozess könnte demzufolge ein nachhaltiges Interesse an neuen, in diesem Falle naturwissenschaftlichen bzw. chemischen Fragestellungen entstehen.

Schiefeles Ausführungen zum situationalen Interesse unterstützen die letztgenannte These. So geht er davon aus, dass „die Anregung von individuellem Interesse (die durch innere oder äußere Reize erfolgen kann) bzw. die Anwesenheit interessanter Situationsmerkmale zunächst Wert- und Erwartungskognitionen in das Bewußtsein rückt, die dann dazu führen, sich mit dem Interessengegenstand bzw. den als interessant erscheinenden Situationsmerkmalen auseinanderzusetzen.“ (Schiefele 1996, S. 85).

Animistische Vermittlung scheint auch den zentralen motivationalen Bedingungsfaktoren nachzukommen, die Helmke & Weinert (1997) auflisten, nämlich neben dem schon erwähnten Interesse, das Fähigkeitsselbstbild (Selbstkonzept) und die affektive Einstellung zum Lerngegenstand bzw. zum Lernen.

Das Fähigkeitsselbstbild, also die Einschätzung der eigenen leistungsbezogenen Kompetenzen sowie das Vertrauen in die eigene Leistungsfähigkeit, gilt dabei als einer der wichtigsten Prädiktoren für die Lern- bzw. Schulleistung. Ein hohes Fähigkeitsselbstbild gilt als positiv motivational für die Aufnahme eigener Leistungshandlungen, fördert ihre Fortsetzung und schirmt sie gegenüber auftretenden Schwierigkeiten ab. Durch die gute Verständlichkeit der Animismen haben auch schwächere Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht die Möglichkeit, ein gutes Fähigkeitsselbstbild aufzubauen. Insbesondere Schüler mit noch nicht voll entwickeltem formal-operationalen kognitivem Niveau könnten von einer animistischen Vermittlung profitieren und in ihren Ausführungen und alternativen Erklärungsmodellen gestärkt werden.

Die Einstellung zum Lerngegenstand sowie allgemein zum Lernen beinhaltet sämtliche affektive Faktoren, wie z.B. bestimmte Aktivitäten, Personen oder auch die Lernsituationen. Das Konzept der Einstellung ist offensichtlich eng mit dem Konzept des Interes-

ses verwandt. Auch hier kann darauf geschlossen werden, dass eine animistische Vermittlung eine positive affektive Bindung zum Lerngegenstand generiert, da sie unter anderem erkenntniserschließend und sinnstiftend sein kann (vgl. Kap. 2.3.2.1 und 2.3.2.2).

Als Fazit lässt sich zusammenfassen, dass eine animistische Vermittlung drei zentralen Forderungen intrinsischer Motivation nachkommt, die in einem dauerhaften individuellen Interesse münden kann: dem Bedürfnis nach Kompetenzerleben, dem Lernen aus Interesse und Neugier sowie der Freude am Lernen.

### **2.4.5 Exkurs: Zur Lernwirksamkeit von Bildern**

Die bisherigen Legitimationen animistischer Vermittlung bezogen sich verstärkt auf ihren sprachlichen Charakter. Da im Rahmen dieser Arbeit jedoch auch bildliche Animismen eine Rolle spielen, wie in Kap. 2.2.3.2 dargelegt wurde, ist es notwendig einige Anmerkungen zur Lernwirksamkeit von Bildern zu machen. Dabei zeigt sich auch hier ein potenzieller positiver kognitiver Effekt.

Im pädagogisch-psychologischen Bereich geht man allgemein davon aus, dass Bilder pädagogisch relevante Effekte erzielen können, indem sie die Lernsituation verändern (Levie & Lentz 1982; Weidenmann 1994; Weidenmann 2001; Schnotz 1998). In ihren Metaanalysen stellen z.B. Levie & Lentz (1982) sowie Levin et al. (1987) fest, dass Bilder in keiner berücksichtigten Einzelstudie einen negativen Effekt auf das Lernen der Texte hervorgerufen haben. Dagegen konnte die Leistung beim Lernen mit illustrierten Texten im Vergleich zu nicht illustrierten Texten sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen um durchschnittlich 30% gesteigert werden.

In verschiedenen Phasen der Informationsverarbeitung bzw. des Lern- oder Leseprozesses können Bilder affektiv, motivational oder kognitiv-funktional wirken. Dabei ist eine lernsituativ optimale Bildgestaltung zwar eine notwendige aber keine hinreichende Bedingung für einen positiven Bildeffekt. Insbesondere affektive und motivationale Funktionen werden häufig betont, da Bilder emotional oder, wenn eine Leseschwäche vorliegen sollte, auch kompensatorisch wirken können (Gnoyke 1997, S. 60ff).

Dass Bilder im Vermittlungsprozess jedoch über eine rein motivationale Funktion hinausgehen, macht Ringshausen (1976) deutlich. In seiner Analyse von Schulbuchillust-

rationen kommt er zu dem Schluss, dass sie auch „memorative Funktion“ haben können und der „Bereicherung“, „Einprägung“ und „Zusammenfassung“ dienen können (Ringshausen 1976, S. 406ff).

Damit Bilder diesen kognitiven Funktionen nachkommen, müssen sie, ähnlich wie auch Texte und andere Informationen, allgemein kodiert und dekodiert werden. Mit seiner *Dual Coding Theory* versucht Paivio (1971, 1986, 1991a, 1991b) diesen Vorgang zu erklären. Er geht dabei von der Annahme zweier unterschiedlicher und weitestgehend unabhängiger Informationsverarbeitungssysteme aus. Einerseits übernimmt ein verbales Kodiersystem die Speicherung und Verarbeitung linguistischer Information, während andererseits ein imaginales System räumliche und bildhafte Informationen verarbeitet.<sup>91</sup> Im ersten Fall folgen als mentale Repräsentationseinheiten Logogene, im zweiten Fall Imagene.

Zwischen beiden Kodiersystemen können laut Paivio referentielle Verbindungen bestehen. Dabei werden zusammengehörige Imagene und Logogene verknüpft, so dass die aufgenommene Information besser und nachhaltiger im Gedächtnis verankert wird. Während linguistische Information vorwiegend sprachlich und somit einfach kodiert wird, werden nonverbale Informationen wie Bilder doppelt kodiert, nämlich sowohl in bildhafter als auch in sprachlicher Form. Paivio geht aufgrund dieser doppelten Kodierung<sup>92</sup> davon aus, dass sich konkret Vorstellbares besser erinnern lässt als etwas Abstraktes und spricht von *image superiority*, i.e. Bildüberlegenheitseffekt (Paivio 1991a, S. 76ff; 1991b, S. 266). Dieser Bildüberlegenheitseffekt zeigt sich allerdings auch bei sprachlichen Phänomenen. So können konkrete Sätze auch bildhaft kodiert und somit besser erinnert werden als abstrakte Sätze.

„If I say to you, *The boy is peeling a green orange*, your understanding of the sentence is likely to include some kind of mental picture together with other implicit activities related to peeling oranges, not merely silent rehearsal of the words themselves. The input language code has ‘flipped over’ into a nonverbal one and, if I now ask you to remember the sentence, you might do so by remembering the objects and actions involved in the image and then reconstructing the sentence from it. Such a transformation would

---

<sup>91</sup> Auch auditive Reize wie z.B. Geräusche werden durch das imaginale System verarbeitet. Da sie im Rahmen dieser Arbeit nicht relevant sind, wird auf eine genauere Betrachtung verzichtet und auf die Originalliteratur verwiesen.

<sup>92</sup> Hirnphysiologisch wird die These des Bildüberlegenheitseffekts durch die Überlegung unterstützt, dass durch verschiedene Codes repräsentierte Informationen in unterschiedlichen Hirnarealen verarbeitet werden, was sich wiederum auf die Effektivität des Lernens positiv auswirkt (Weidenmann 1995).

be more difficult in the case of abstract sentences such as *The theory has predictive power*, and they are likely to be stored in their verbal form.” (Paivio 1971, S. 450).

Die besten Erinnerungswerte zeigen sich jedoch bei Bildern, die durch verbale Informationen ergänzt werden, wie er in seinen Untersuchungen festgestellt hat.

Der Bildüberlegenheitseffekt zeigt sich aber nicht nur im kognitiven Bereich, sondern auch im motivationalen und affektiven Bereich. Allgemein betrachtet beruhen motivationale oder affektive Reaktionen nach Paivio auf dem Abruf kognitiver Repräsentationen; wobei es grundsätzlich irrelevant ist, ob es sich dabei um Imagene oder Logogene handelt. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass Imagene, die auf visuellen, auditiven und konkreten linguistischen Informationen beruhen, direkter emotionale Reaktionen hervorrufen als Logogene, welche verstärkt auf abstrakten linguistischen Informationen beruhen. „Affective reactions would ordinarily occur more quickly to pictures than to words because the former have more direct access to affect-mediating imagens.“ (Paivio 1986, S. 79).

So wie sich bildliche Information zu Imagenen schneller kodieren lässt als abstrakte linguistische Information zu Logogenen, so lassen sich Imagene auch schneller dekodieren als Logogene, wodurch eine schnellere und direktere emotionale Reaktion ermöglicht wird.

Anfängliche Vorbehalte gegenüber Paivios Theorie der dualen Kodierung<sup>93</sup> wurden insbesondere durch Arbeiten zu interindividuellen Unterschieden gemildert. Jonassen & Grabowski (1993) sprechen z.B. von persönlichen Lernpräferenzen. Dabei werden individuell entweder eher visuelle oder aber verbale Informationen bevorzugt. Während ein visueller Verarbeitungsstil Graphiken, Bilder o.ä. befürwortet, favorisiert ein verbaler Verarbeitungsstil sprachliche Reize. Jonassen & Grabowski fassen verschiedene Studien zur Effizienz visuellen und verbalen Lernens zusammen und stellen fest, dass insgesamt die Differenzen bezüglich einer bestimmten Präferenz eher gering sind. Jedoch zeigen sich Unterschiede in den Lernstrategien. Während Personen mit visueller Lernpräferenz eher Strategien benutzen wie Informationssuche, Mnemotechnik und Meta-

---

<sup>93</sup> An dieser Stelle sollen auch alternative, monistische Theorien erwähnt werden oder sogenannte ‚Single Code Models.‘ Diese gehen von einem gemeinsamen konzeptuellen Erinnerungssystem aus, in dem sowohl sprachliche als auch bildliche Informationen in Form von Propositionen gespeichert werden. Auch in monistischen Theorien geht man von „Bildhaftigkeitseffekten“ aus. So hat man empirisch nachgewiesen, „daß im Vergleich zu Textinformationen oder Worten eine extrem hohe Zahl von Bildern behalten werden kann.“ (Gnoyke 1997, S. 56f).

pherngebrauch, verwenden jene mit eher verbaler Lernpräferenz Strategien wie Auswendiglernen, Analyse der Schlüsselideen und Skizzierungen. In einer optimalen Lernumgebung sollte diesen Präferenzen in Form geeigneter Lernmedien begegnet werden (Jonassen & Grabowski 1993, S. 191ff).

Es zeigt sich, dass die Bilderinnerung von verschiedenen Subjektvariablen abhängt. Diese sind zusammengefasst „das Alter, die bildhaften Fähigkeiten des Subjekts, Kulturbedingungen, verbale Fähigkeiten, die Impulswirkung durch das Bild, die Verwendungsabhängigkeit, Einstellung zur Außenwelt und Erfahrungen mit dem Stimulus. (...) Außerdem erinnern Menschen (...) Bilder bedeutend besser, wenn ihnen eine Erklärung zum Bildinhalt gegeben wird.“ (Gnoyke 1997, S. 58f).

Empirische Untersuchungen zur Lernwirksamkeit von Bildern in chemischen Kontexten bestätigen die Ausführungen zum Bildüberlegenheitseffekt und zu den genannten positiven kognitiven Effekten jedoch nur partiell. Sumfleth & Telgenbüscher (1998) verweisen z.B. auf eine Studie Telgenbüschers (1996), die zu dem Ergebnis kommt, dass Bilder in chemischen Texten nur sehr oberflächlich verarbeitet werden, da die Lernenden sie oftmals als irrelevant oder sogar als falsch einstufen.<sup>94</sup>

In eigenen Studien kommt Sumfleth (Sumfleth & Telgenbüscher 1998; Sumfleth & Telgenbüscher 2000; Sumfleth & Tiemann 2000) ebenfalls zu dem Resultat, dass im Instruktionsmaterial enthaltene realistische Bilder<sup>95</sup> oberflächlich verarbeitet werden. Unter anderem argumentiert sie aufgrund ihrer Ergebnisse, dass realistische Bilder den Betrachter nicht herausfordern und dass zu häufig angenommen wird, dass realistische Bilder selbsterklärend sind. Sie stellt fest, dass erklärende Bilder wirksamer im Lernprozess sind, wenn sie in „steps & parts“-Bilder umgewandelt würden, d.h. in eine Bildabfolge, bei der jedes Teilbild beschriftet ist und einen Zustand des Systems visualisiert (Sumfleth & Telgenbüscher 2000, S. 110f).

Auch die aktive Gestaltung der Lernumgebung wirkt sich positiv auf die Lernwirksamkeit von Bildern in chemischen Kontexten aus. Liegt eine eher konstruktivistische Lernumgebung vor, in der die Lernenden ihr Lernmaterial entwerfen, indem sie benö-

---

<sup>94</sup> Telgenbüscher, L.: Learning of chemistry with the aid of instructional pictures, Proceedings from 3<sup>rd</sup> Summerschool: Theory and methodology of research in science education. Barcelona 1996. Zitiert nach Sumfleth 1998, S. 271.

<sup>95</sup> Unter dem Begriff *realistische Bilder* werden bei Sumfleth übliche Fotografien subsumiert. Eine Diskussion, ob z.B. Bilder eines Elektronenmikroskops realistische Ausschnitte der Wirklichkeit liefern oder auch nur modellhaften Charakter haben, findet nicht statt.

tigte Informationen (Bilder, Texte, Formeln) eigenständig aussuchen und mit ihr argumentieren, wird die Verarbeitungsintensität offensichtlich erhöht. Insbesondere Probanden mit geringem Vorwissen profitieren von einer solchen Lernumgebung und einem flexiblen Umgang mit dem Bildmaterial (Sumfleth & Telgenbüscher 2000, S. 110).

Vorteilhaft wirken sich weiterhin Bilder mit alltagsweltlichem Bezug im Gegensatz zu Bildern mit fachwissenschaftlichem Bezug aus. In einer Studie, die als Erhebungsinstrument das Concept-Mapping-Verfahren benutzt, zeigt sich durch Bilder mit alltagsweltlichem Bezug eine erhöhte Assoziationsfähigkeit bei den Lernenden. „Die zur Illustration von Begriffen z.B. in Schulbüchern verwendeten Bilder werden von den Lernenden mit deutlich anderen Inhalten belegt als die Begriffe selbst. (...) Auch generieren Bilder und Begriffe mit Bezug zum alltäglichen Erfahrungsraum der Lernenden einheitlichere Vorstellungen als solche, die auf naturwissenschaftliche Inhalte orientiert sind.“ (Sumfleth & Tiemann 2000, S. 125f).

Gnoyke kommt in einer empirischen Untersuchung ebenfalls zu dem Schluss, dass Bilder nicht zwangsläufig vorteilhaft beim Lernen chemischer Inhalte sind. Insbesondere das Vorwissen der Lernenden scheint eine entscheidende Rolle zu spielen; liegt nur ein geringes Vorwissen bei den Lernenden vor, scheinen Bilder „im Sinne eines begrifflichen Verständnisses nicht übersetzbar zu sein.“ Faktoren wie z.B. eine übersichtliche, bildgraphische Strukturierung und eine sinnvolle Beschriftung wirken sich demnach umso positiver auf Behaltensleistungen auf, je mehr Vorwissen vorhanden ist und je eindeutiger ein semantischer Kontext identifiziert wird (Gnoyke 1997, S. 209ff).

Als Fazit ist festzuhalten, dass die Erkenntnisse zur Lernwirksamkeit von Bildern uneinheitlich sind. Dennoch erscheint es wahrscheinlich, dass Bilder im Vermittlungsprozess, wenn auch zu keinem offensichtlichen positiven Effekt so doch zumindest zu keinem negativen Effekt führen. Infolgedessen werden in dieser Studie animistische Bilder in den Arbeitsvorschriften eingefügt. Dabei stehen allerdings weniger kognitive Faktoren im Vordergrund als vielmehr emotional-affektive Faktoren. Die Bilder sollen durch ihre graphische Gestaltung emotional ansprechend sein, den Schülern bei der praktischen Durchführung der Experimente helfen, aber auch Interrelationen zu den animistischen Erklärungen herstellen (vgl. Kap. 3.2.1).

### 2.5 Verwendung von Animismen im Chemieunterricht

Über die Verwendung von Animismen im Chemieunterricht gibt es bis auf wenige Ausnahmen im angloamerikanischen Raum kaum Untersuchungen. Hier sind insbesondere die Arbeiten von Watts (Watts & Bentley 1994; Taber & Watts 1996) zu erwähnen.

Als eine der ersten im deutschsprachigen Raum befasst sich Lück (2000b, 2001, 2003; Gebhard & Lück 2002; Püttschneider & Lück 2004) mit dieser Fragestellung. Als metaphorische Lernhilfen in analogiebildender Funktion werden Animismen bei der Deutung chemischer Sachverhalte bedeutsam, insbesondere wenn es sich um Phänomene im submikroskopischen Bereich handelt. Der Verweis auf Bekanntes, nämlich auf menschliche oder andere beseelte Wesen, kann den Zugang zu unbelebten Phänomenen erleichtern (Lück 2001, S. 158).

Lück bezieht sich in ihren Ausführungen stark auf die Arbeiten von Gebhard (vgl. Kap. 2.4.3). Ausgangspunkt ist auch bei ihr die Beziehung des Menschen zur Umwelt. Die Äußerungen Gebhards zur belebten Natur lassen sich mit Einschränkungen ebenso auf die unbelebte Natur übertragen. Auch diese ist immer schon durch eine menschliche Perspektive getönt. Natürlich ist das affektive Band zur unbelebten Natur schwächer als zur belebten Natur; und allgemein wird das Unbelebte in geringerem Maße als zur Natur gehörig angesehen.<sup>96</sup> Dennoch gewinnt erstere doch ebenso erst durch menschliche Interaktionsprozesse eine Bedeutung wie letztere.

Durch das dünnere affektive Band zur unbelebten Natur ist die Gefahr eines Anthropozentrismus bzw. Egozentrismus, wie Gebhard ihn beschreibt, geringer. Allerdings erschwert das dünnere Band auch grundsätzlich den Zugang zu diesem Bereich. Lück stellt die Hypothese auf, dass durch die Verwendung von Animismen in analogiebildender bzw. metaphorischer Funktion diesem Problem begegnet werden kann. Dabei sollte auf angemessene Analogien und Metaphern geachtet werden, welche eine spätere Weiterentwicklung zu komplexeren Modellen ermöglichen und nicht zu Fehlvorstellungen führen.

---

<sup>96</sup> Dementsprechend bezeichnet der Begriff „Naturkunde“ oftmals nur den Unterricht über Pflanzen und Tiere. Phänomene der unbelebten Natur sind nur in geringem Maße vertreten. Gleiches zeigt sich im Sachunterricht der Grundschulen, zu dem neben Biologie und Umwelt- bzw. Gesundheitserziehung auch Chemie und Physik als harte klassische Naturwissenschaften gehören (Risch & Lück 2004, S. 63ff).

Dann lässt sich auch der Kritik an animistischen Darstellungen begegnen, diese könnten fehlerhafte Modellvorstellungen generieren, die eine nicht-objektive Darstellung der Realität beinhalten. Insbesondere im naturwissenschaftlichen Schulunterricht ist eine solche Darstellung aber nicht möglich, da in ihm immer mit Vereinfachungen, Modellen, Analogien, Vergleichen und Demonstrationen gearbeitet wird.

Naturwissenschaftler und Lehrer als ihr Pendant im Schulunterricht setzen bei der Naturbetrachtung vereinfachte Annahmen über deren Beschaffenheit voraus. Sie verwenden z. B. Kategorien, welche die konkreten Phänomene oft missachten, und nehmen infolgedessen die Wirklichkeit nicht mehr als „Alltagsmenschen“ wahr. So gelten physikalische Gesetze oftmals nur unter idealen Bedingungen. Und der Gegenstand der naturwissenschaftlichen Untersuchungen ist nicht mehr die sinnlich wahrnehmbare Welt, sondern die mathematisch hypostasierte Natur (Herzog 1996, S. 63ff).

Folglich stellt sich wissenschaftstheoretisch die Frage, ob es im submikroskopischen Bereich eine objektive Darstellung der Realität überhaupt geben kann, wie Watts und Bentley verdeutlichen:

„A science that is alive, animate and caring of relationships is a model which may be imperfect by the standards of objective, causal and mechanic orthodoxy. But is it any more imperfect than any other models used in school science?“ (Watts & Bentley 1994, S. 96).

Lück plädiert dafür, neben der sachlich-nüchternen, naturwissenschaftlichen Vermittlung im Chemieunterricht auch eine animistisch-metaphorische Vermittlung zu berücksichtigen. Ähnlich wie Gebhard geht auch sie davon aus, dass sich infolgedessen nicht nur eine kognitive Interpretation der Welt zeigen würde, sondern ebenso ein affektive (Lück 2001, S. 156). Gestützt werden ihre Forderungen durch Erkenntnisse aus der Entwicklungspsychologie. Dort zeigt sich, dass eine animistische Weltinterpretation nicht im Alter von ca. 11-12 Jahren nachlässt, wie es Piaget vermutet hat (vgl. Kap. 2.1.1). Vielmehr ist die Anlage zum Animismus in unterschiedlich starkem Ausmaß ein Leben lang vorhanden.

Die Psychologen Vincze & Vincze (1964) vertreten ebenfalls diesen Standpunkt. So heben sie hervor, dass auch bei Erwachsenen nur eine „dünne Schicht vor dem Magischen“ besteht. Im animistischen Denken der Kinder spiegelt sich dieser Einfluss der Erwachsenen wider. Kinder erleben in ihrer Entwicklung ständig Anweisungen, Impul-

se und auch animistische Eingebungen aus ihrer Umwelt. Insbesondere der alltägliche Sprachgebrauch der Eltern beeinflusst in starkem Maße ihr animistische Denken.

„Das Kind hört vom ‚Bein‘ des Tisches, dem ‚Kopf‘ des Nagels und so weiter, und parallel mit seiner Sprachentwicklung entwickelt sich seine anthropomorphe Anschauung, die zu einer Komponente seines animistischen Denkens wird. In der Sprache des Erwachsenen (...) ergeben sich die anthropomorphen Elemente aus seiner notwendigerweise stark anthropomorphen Anschauung, und dieser Anthropomorphismus geht in die Alltagssprache ein. Die eine anthropozentrische Anschauung widerspiegelnden Ausdrücke in seiner Sprache (des Erwachsenen; *der Verf.*) sind nur dem Ursprung nach konkrete Wendungen.“ (Vincze & Vincze 1964, S. 30f).

Auch der Schweizer Fachdidaktiker Wagenschein (1965, 1971, 1982) rückt animistische Aspekte in den Fokus seiner Betrachtungen. Seine Ausführungen fußen einerseits auf entwicklungspsychologischen Erkenntnissen, andererseits auf sprachkritischen Einsichten. Beide versucht er in seiner Konzeption naturwissenschaftlichen Unterrichts zusammenzuführen.

Wagenschein führt ähnlich wie Vincze & Vincze (1964) an, dass die magisch-animistische Schicht in der kognitiven Entwicklung nicht einfach abbricht, sondern dass sie sich nach Innen zurückzieht und dort weiterlebt (1965, S. 55). Als Indikator dienen ihm meist unbewusste und alltägliche animistische Äußerungen. Diese ordnet er generell der Muttersprache zu, die in krassem Gegensatz zur wissenschaftlichen Sprache steht.

Ausubel et al. äußern sich ähnlich und sprechen animistische Tendenzen auch „gebildeten Erwachsenen“ zu; allerdings nur dann, wenn sie Vorgänge erklären, die völlig außerhalb ihrer Erfahrung und Kompetenz liegen (Ausubel et al. 1981, S. 663).

Ein Laie fühlt sich von einer nüchternen wissenschaftlichen Sprache abgeschreckt<sup>97</sup>, was wiederum zwei gesellschaftspolitische Konsequenzen nach sich ziehen kann, die der geforderten *scientific literacy* (vgl. Kap. 2.1) gegenüber stehen.

---

<sup>97</sup> Herzog verdeutlicht, dass den Schülern im Physikunterricht der Sekundarstufe I nahezu gleich viele Fachbegriffe zugemutet werden, wie das Vokabular in einem Fremdsprachkurs auf dieser Stufe umfasst. Und auch wenn dieser Sachverhalt schwer zu glauben ist, muss man folgender Aussage von ihm zustimmen: „Nimmt man den mathematischen Formalismus und die über hundert gängigen Symbole für physikalische Größen (...), so stellt bereits der Wortschatz der physikalischen Fachsprache eine gewaltige Herausforderung des Lernvermögens der Schülerinnen und Schüler dar. Dies um so mehr, als die Fachsprache im Physikunterricht kaum je als solche thematisiert wird.“ (Herzog 1996, S. 67).

„Die Befremdung pflegt nach zwei Seiten hin auszuschlagen: in Wissenschaftsfeindlichkeit und in Wissenschaftsgläubigkeit, Aggressionen und Unterwerfungen, die den sozialen Frieden bedrohen.“ (Wagenschein 1971, S. 49).

Hieraus ergibt sich die Forderung, dass der Experte (und auf den Unterricht bezogen, der Lehrer) allgemeinverständlich sprechen muss. Und dies gilt insbesondere in den Naturwissenschaften. In ihnen wird jene Genauigkeit explizit gefordert, welche sich in mathematisierbaren Beziehungen zwischen messbaren Größen ausdrücken lässt, allerdings mit der häufigen Konsequenz: *viel Genauigkeit, viel Schweigen!* (Wagenschein 1971, S. 498).

Da der Lehrer als Experte die verschiedenen Feinheiten, Nebenbedeutungen und Verzweigungen selbst einfacher naturwissenschaftlicher Sachverhalte kennt, merkt er oftmals nicht, dass er die Schüler verwirrt, wenn er derartige Komplikationen erwähnt und für ihn selbstverständliche naturwissenschaftliche Begriffe benutzt (Ausubel et al. 1980, S. 291f).

Die Ursache liegt unter anderem in der Ausbildung der Lehrer, die so ausgebildet werden, als sollten sie Fachwissenschaftler werden. Dass dabei der fachdidaktische Aspekt häufig zu kurz kommt, ist bekannt. Lehrer der Naturwissenschaften sind durch ihre Ausbildung auf deduzierende Strukturen trainiert, während sich der Lernende diese deduzierenden Strukturen der Naturwissenschaften *aus dem Original (der Natur)* heraus vertraut machen muss.

Aber nicht nur die mündliche Vermittlung der Naturwissenschaften ist aufgrund verschiedener Fachbegriffe oftmals unverständlich. Auch die im naturwissenschaftlichen Unterricht verwendeten Schulbücher sind sprachlich komplex und für Schüler nur schwer fassbar. Merzyn (1994) hat die Sprache von Physiklehrbüchern empirisch untersucht.<sup>98</sup> Er stellt fest, dass in Physiklehrbüchern der Sekundarstufe I durchschnittlich zwischen 1500 und 2000 Fachbegriffe auftreten. Mehr als die Hälfte dieser Fachbegriffe wird in den entsprechenden Büchern jedoch nur einmal benutzt. Im Unterricht führt dies dazu, dass pro Unterrichtsstunde ca. zehn neue Fachbegriffe auftreten. Somit begegnen

---

Dass dieser Aspekt für den Chemieunterricht ebenso gilt, wird deutlich, wenn man allein die Symbole der einzelnen Elemente und deren für den Chemieunterricht gängigsten Kombinationen berücksichtigt.

<sup>98</sup> Die Ergebnisse Merzyns lassen sich vermutlich auch auf Chemieschulbücher übertragen, da beide Fachwissenschaften ein großes fachsprachliches Vokabular haben. Wahrscheinlich würde eine chemiespezifische Untersuchung noch deutlichere Ergebnisse liefern, da im Chemieunterricht zusätzlich die große Anzahl der Verbindungsbezeichnungen zu berücksichtigen wäre.

dem Schüler in einer Unterrichtsstunde mehr neue Begriffe als im fremdsprachlichen Unterricht (Merzyn 1994, S. 152ff).

In der Vermittlung naturwissenschaftlicher Phänomene sollte demzufolge unter anderem eine Regel befolgt werden: „Erst die Muttersprache, dann die Fachsprache“. Für Wagenschein ist die Muttersprache nicht zu ersetzen, sondern sie ist die Sprache des Verstehens. Als „letzte“ Metasprache ist sie unhintergebar. Ihr gegenüber steht die Fachsprache, welche die im Lernprozess gewonnene Erkenntnis in einem abschließenden Arbeitsgang besiegelt (Wagenschein 1982, S. 102). Muttersprache und Fachsprache können demnach als gegenüberliegende Endpunkte einer „Sprachenskala“ aufgefasst werden.

Im naturwissenschaftlichen Unterricht sollte daher anfänglich eine Sprache benutzt werden, die auch von Kindern verstanden wird und die sich nah an ihrer Sprache orientiert. Dieses Ziel erreicht man am ehesten, wenn man den Kindern zuhört, wenn man ihre Sprache bewusst wahrnimmt, ihre sprachlichen Bilder erkennt und diese Bilder als Alternativen zu den fachwissenschaftlichen Bildern akzeptiert. Denn dass Phänomene des submikroskopischen Bereichs auch nur in Bildern ausgedrückt werden, wenn auch in komplexeren als in den kindlichen Bildern, wird oftmals „vergessen“.

Für Wagenschein ist es wichtig, möglichst viele Bilder nebeneinander zu haben, um einerseits zu zeigen, dass es sich um Bilder handelt und um andererseits alternative Zugänge zum Phänomen anzubieten (Wagenschein 1971, S. 503).

Er stellt in eigenen, jedoch nicht empirisch gesicherten Beobachtungen fest, dass Kinder naturwissenschaftliche Phänomene häufig animistisch beschreiben. Da animistische Rede nah an der Muttersprache ist, ist dies nicht überraschend. Nun sollte seiner Meinung nach aber nicht versucht werden, animistische Rede zu verpönen, vielmehr sollte sie in der Vermittlung genutzt werden. Animistisches Reden hilft, „sich hineinzusetzen. Es hindert die Verfremdung. Animistische Rede ist teilnehmende Rede.“ (Wagenschein 1971, S. 506).

Im Verstehensprozess nimmt animistische Rede demnach eine zentrale Stellung ein, da sie die Sprache des grundlegenden Verstehens ist. Erst wenn das untersuchte Phänomen verstanden wird, ist es sinnvoll, Fachsprache einzusetzen. Die Fachsprache ist laut Wagenschein die Sprache des Verstandenen, und zwischen beidem, der *Sprache des Ver-*

*stehens* (Muttersprache, animistische Rede) und der *Sprache des Verstandenen* (Fachsprache) vollzieht sich kontinuierlich fortschreitend der gesamte Verstehensprozess.<sup>99</sup>

Wird Fachsprache einzureden versucht, kann sich kein nachhaltiges Verstehen entwickeln. Soll sie dem Laien vertraut werden, ist es notwendig, sie allmählich aus der ungezwungenen Muttersprache herauszugliedern. Gleichzeitig sollte aber auch darauf geachtet werden, dass die Fachsprache nicht zur alleinigen Unterrichtssprache wird. Die Sprache der Naturwissenschaften sollte nicht die Sprache des naturwissenschaftlichen Unterrichts werden.

Animistische und anthropomorphistische Redewendungen lassen sich demnach in den Bereich der metaphorischen Verständnissicherung einordnen und dienen nicht nur als Indikator der kognitiven Entwicklung. Folglich ist ihrem bewussten Einsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht nichts entgegenzusetzen.

Woyke & Scharf nehmen diesen Aspekt für den Chemieunterricht auf und äußern sich zu teleologisierenden Metaphern<sup>100</sup>: „Metaphorische Elemente im Sprechen über Prozesse der Stoffumwandlung, in denen solche teleologischen Aspekte implizit verborgen sind und die in gewöhnlich unreflektierter Form in Fachwissenschaft wie Chemieunterricht durchaus zugegen sind, stellen insofern keineswegs auszumerzende Missverständlichkeiten dar, sie können (...) Brücken des Verständnisses fachwissenschaftlicher Erklärungen sein, den Bezug zwischen Naturerfahrung und –deutung zu unserer Selbsterfahrung und –deutung aufzeigen und zur Reflektion über den allgemein-metaphorischen Charakter unserer Sprache anregen.“ (Woyke & Scharf 2002, S. 231).

Der positive Effekt animistischer Darstellungen im Unterricht wurde empirisch bisher nur im angloamerikanischen Raum untersucht, z.B. durch Watts et al. (Watts & Bentley 1994, Taber & Watts 1996).

Sie stellen fest, dass animistische Rede im naturwissenschaftlichen Unterricht immer wieder zu entdecken ist. Dabei wird sie überwiegend nicht nur von jüngeren Schülern benutzt, sondern auch von Studenten der Chemie und anderen Fachwissenschaftlern. Es zeigt sich, dass allgemein das kognitive Niveau so hoch ist, dass sowohl den Schülern als auch den Studenten der Gebrauch animistischer Rede bewusst ist. So erkennen sie

---

<sup>99</sup> Dass der kontinuierlich fortschreitende Verstehensprozess nach Wagenschein auch Probleme in sich birgt, wird deutlich, wenn Begriffe gleichzeitig sowohl alltagssprachlich als auch fachsprachlich konnotiert werden. So ist der Begriff *sauer* sowohl alltagssprachlich konnotiert im Gegensatzpaar *sauer – süß* als auch fachsprachlich im Gegensatzpaar *sauer – alkalisch / basisch*.

<sup>100</sup> Wie in Kapitel 2.1.3.1 aufgezeigt wurde, haben Animismen bzw. Anthropomorphismen häufig teleologisierenden Charakter.

den Unterschied zwischen ihrem animistischen Sprachgebrauch und der naturwissenschaftlichen Sprache.

Taber & Watts (1996) sind der Meinung, dass eine Aufgabe des Lehrers darin besteht, „schlafende Metaphern“ bei den Schülern zu wecken, um den Zugang zum Phänomen zu erleichtern. Erst wenn diese metaphorischen Modelle in ihrem Erklärungspotential an ihre Grenzen stoßen, müssen sie kritisch hinterfragt und durch neue Modelle ersetzt werden. Mit anderen Worten: Anthropomorphistisches und animistisches Denken sollte konstruktiv genutzt werden. Es sollte als Chance verstanden werden, Naturwissenschaften sowohl kognitiv als auch motivational besser zugänglich zu machen.<sup>101</sup>

Watts & Bentley (1994) heben hervor, dass ein anthropomorphistisch gefärbter naturwissenschaftlicher Unterricht über den üblicherweise geforderten personenorientierten Naturwissenschaftsunterricht hinausgeht. Unter diesem wird allgemein verstanden, naturwissenschaftlichen Unterricht in einen menschlichen Kontext zu stellen, und somit Umwelt- und Gesundheitsbewusstsein sowie Respekt vor der belebten Natur zu entwickeln.

Anthropomorphistisch und animistisch gefärbter Naturwissenschaftsunterricht geht jedoch tiefer. Durch ihn lässt sich der kognitive Zugang erleichtern und auch positive motivationale Aspekte werden deutlich. Taber & Watts (1996) weisen z.B. auf eine Studie Lemkes (1990) hin, in der dieser feststellt, dass sich durch eine vermenschlichte und personifizierte Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht der Anteil mündlicher Meldungen bei Schülern um das drei- bis vierfache steigern lässt. Sie schlagen aufgrund dieser Erkenntnisse eine bewusste Einbeziehung der deskriptiven „nicht-wissenschaftlichen“ Schülersprache vor, um nachhaltige Effekte zu erzielen:

„The learner constructs meaning, and construction tends to a piecemeal process that requires good foundations, and may require the use of temporary scaffolding and support, to be removed later when the structure is complete. Understanding often starts at a ‘descriptive’ level, and only when the description is familiar can causes be considered. (...) Teachers communicate meaning through the use of analogy and metaphor; they compare the novel phenomenon with ideas familiar to the audience.” (Taber & Watts 1996, S. 563f).

---

<sup>101</sup> Taber und Watts verweisen in diesem Zusammenhang auf eine empirische Studie, in welcher der genannte motivationale positive Effekt insbesondere bei Schülerinnen zu beobachten ist (Watts & Bentley 1994).

Animistische bzw. anthropomorphistische Sprache ist sowohl für Schüler als auch für Lehrer zu bedeutungsvoll, als dass man ihr entgegenwirken sollte bzw. sie verwerfen sollte.

Um es zu wiederholen: es geht bei der animistischen Vermittlung nicht um eine Zurückweisung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse. Das Ziel naturwissenschaftlichen Unterrichts bleibt die geforderte *scientific literacy* und mit ihr die Weitergabe traditioneller und „objektiver“ naturwissenschaftlicher Erkenntnisse.

Es handelt sich bei der animistischen Vermittlung vielmehr um einen alternativen Zugang zu den Phänomenen der unbelebten Natur, der sich stark an den Vorstellungen jüngerer Schüler orientiert. Diese Vorstellungen sollten das Fundament für ein tiefergehendes Naturwissenschaftsverständnis bilden. Animismen sind demnach keine *misconceptions*, sondern vielmehr als alternative Modellvorstellungen zu betrachten.<sup>102</sup> Durch sie lässt sich eine nachhaltige affektive Bindung an den chemischen Unterrichtsstoff erreichen. Eine solche positive affektive Bindung ist Grundlage tiefen und langanhaltenden Interesses.

Da Verstehen mit Vertrautheit zu tun hat, unterliegt dem didaktischen Prozess nämlich nicht nur eine kognitive, sondern auch eine emotionale Basis. Derjenige, dem die Phänomene der unbelebten Natur vertraut vorkommen, hat gegenüber demjenigen, dem diese Dinge vollkommen fremd und verschlossen erscheinen, zumindest einen emotionalen Vorteil. Dieser emotionale Vorteil kann sich zu tiefergreifendem Verständnis entwickeln.

In einer empirischen Studie am *teutolab* der Universität Bielefeld wurde untersucht, ob sich durch eine verstärkt animistische Vermittlung diese Vertrautheit generieren lässt und ob durch die potenziell entstandene positive affektive Bindung zu chemischen Phänomenen auch der Verstehensprozess bezüglich dieser Phänomene positiv beeinflussen lässt.

---

<sup>102</sup> Carey weist z.B. darauf hin, dass sich naturwissenschaftliche Erziehung nicht an dem orientieren sollte, was den Schülern offensichtlich an Konzepten fehlt, wie lange Zeit angenommen, sondern eher an den Vorstellungen, die diese Schüler mit in den Unterricht bringen. Die alternativen konzeptuellen Vorstellungen der Schüler sollten somit Ausgangspunkt im Unterricht sein und nicht als Fehlvorstellungen deklariert werden (Carey 2000).

### **3. Methodik**

Der Einfluss eines bewussten Einsatzes von Animismen bei der Vermittlung chemischer Sachverhalte wird aktuell nur theoretisch diskutiert. Eine Überführung in eine empirische Studie und daraus resultierende Erkenntnisse liegen im deutschsprachigen Raum nicht vor. Aus diesem Grund wurde im *teutolab* der Universität Bielefeld eine Interventionsstudie konzipiert, die in den Rahmen des BMBF-Projekts *Erarbeitung von Empfehlungen zur Förderung der strukturellen Zusammenarbeit zwischen Schule und Hochschule zur Verbesserung des naturwissenschaftlichen Unterrichts auf der Basis des Bielefelder Modells „teutolab“* eingebettet ist.

#### **3.1 Untersuchungsgegenstand**

Die Interventionsstudie im *teutolab* der Universität Bielefeld kann, da es sich um eine erste empirische Untersuchung in diesem Bereich handelt, nur eine Exploration hinsichtlich der affektiv-emotionalen und kognitiven Wirkungsweise von Animismen und eines daraus möglicherweise folgenden nachhaltigen motivationalen Effekts bieten. Der Lernprozess, wie er sich im Konstruktivismus durch einen Konzeptwechsel darstellt, kann aufgrund der nur einmaligen Intervention im *teutolab* nicht im Vordergrund des Forschungsinteresses stehen.

Folgende Hypothesen, die sich aus den obigen theoretischen Ausführungen ergeben, werden überprüft:

1. Der bewusste Einsatz von Animismen in der Vermittlung chemischer Sachverhalte generiert eine positive affektive Bindung zum Fach Chemie.

Diese Hypothese steht im Zentrum der Untersuchung. Nur eine positive affektive Bindung an einen Lerngegenstand kann zu einem langfristigen Interesse führen. Weiterhin wirkt sich eine affektive Bindung auch positiv auf den kognitiven Prozess aus, wie die starke Beeinflussung der Kognition durch affektive Momente verdeutlicht.

2. Animismen führen aufgrund ihrer guten Verständlichkeit zu einem nachhaltigen motivationalen Effekt.

Die Vermittlung chemischer Inhalte mit Hilfe animistischer Erklärungen hinterlässt einen positiven motivationalen Effekt, der über einen Zeitraum von mehreren Wochen andauert. Ob sich der motivationale Effekt nur auf den situativen Kontext des *teutolabs* bezieht oder sich auch auf zukünftige Lernprozesse positiv auswirkt, wird an dieser Stelle nicht diskutiert.

3. Den Schülern ist der Modellcharakter der Animismen bewusst.

Eine Bestätigung der Hypothese könnte die Diskussion über korrekte naturwissenschaftlich-objektive Modelle in submikroskopischen Bereichen der Naturwissenschaften entschärfen. Alternative Modellvorstellungen, die der Erfahrungswelt der Schüler zugrunde liegen und eine allmähliche Weiterentwicklung zu komplexen Modellen zulassen, könnten stärker berücksichtigt werden.

Nachfolgeuntersuchungen, die eventuell auch längerfristig angelegt sind und sich aus dieser Arbeit ergeben könnten, sollten tiefergehende Hypothesen insbesondere im Bereich kognitiver und konstruktivistischer Prozesse prüfen. Da es sich hier um einen Untersuchungsgegenstand handelt, der eher einer grundlegenden Annäherung bedarf, wird an dieser Stelle darauf verzichtet.

#### **3.2 Untersuchungssetting: das *teutolab* der Universität Bielefeld**

Als eines der ersten Schüler-Mitmachlabore wurde das *teutolab* der Universität Bielefeld im Februar 2000 von Frau Prof. Kohse-Höinghaus gegründet. Es bietet Experimentiertage für Schüler der Jahrgangsstufen 3-12, also von der Primarstufe bis zur Sekundarstufe II an. Die *teutolab*-Konzeption konzentriert sich dabei unter dem Leitgedanken einer dauerhaften Motivierung auf vier zentrale Aspekte (Herbers & Kohse-Höinghaus 2001; Herbers et al. 2002, S. 6ff):

### 3. Methodik

- eine Auswahl der Themenbereiche aus der Erfahrungswelt der Kinder und Jugendlichen,
- stark handlungsorientierte Labortage,
- eine Anknüpfung der Versuche und Phänomene an das Vorwissen der Kinder und Jugendlichen sowie
- eine spiralcurriculare Anordnung der Versuche über alle Jahrgangsstufen.

Den ursprünglich drei Themenbereichen *Naturstoffe*, *Produkte der Chemie* und *Energie und Umwelt* ist in jüngster Vergangenheit der Themenbereich *Freies Experimentieren* zugefügt worden. Zu allen Themenbereichen existiert ein Spiralcurriculum mit drei Ebenen zunehmender Komplexität und Abstraktion. Während die erste Ebene einfache qualitative Versuche für die (erweiterte) Primarstufe enthält, nimmt der Anteil quantitativer Versuche bis zur dritten Spiralebene der Sekundarstufe II stetig zu.

Abb. 11 gibt einen allgemeinen Überblick der im *teutolab* angebotenen Themenreihen über alle Jahrgangsstufen wieder.

Spirale	Stufe	Jgstufe	NATURSTOFFE	PRODUKTE DER CHEMIE	ENERGIE UND UMWELT	FREIES EXPERIMENTIEREN
III	S II	13	Zitrone III			
		12			Brennstoffzelle / Biodiesel	
		11	Zitrone II	Coffein		Vom Rohkaffee zum Extrakt
II	S I	10				
		9				Mol – nichts weiter als ein "großer Haufen"
		8		"Eine tolle Knolle": Produkte aus Kartoffeln		Umweltstündern auf der Spur (Superabsorber)
		7				
I	OS	6	Zitrone I	Milch		
		5			Papier und Tinte	
	PS	4				
		3				

Abb. 11: Themen der im *teutolab* der Universität Bielefeld angebotenen Versuchsreihen

Die didaktische Konzeption des *teutolabs* deckt sich, indem verstärkt auf Themen aus dem Erfahrungsbereich der Schüler zurückgegriffen wird, stark mit dem Konzept *Chemie im Kontext*, dessen zentrales Anliegen es ist, „Vermitteltes in einen sinnhaften (lebenspraktisch bedeutsamen) Kontext zu bringen, um Schüler und Schülerinnen in die Lage zu versetzen, im Unterricht Gelerntes auf die sie umgebenden Phänomene und komplexen Zusammenhänge zu übertragen.“ Eine solche Konzeption wird als interessant und motivierend angesehen (Herbers & Kohse-Höinghaus 2001, S. II-1).<sup>103</sup>

In der Praxis führen die Schüler der erweiterten Primarstufe, der die Jahrgangsstufen 3 bis 6 angehören, die angebotenen Experimente in drei Gruppen von je ca. 6-10 Schülern im Rotationsverfahren durch. Jedes Kind erlebt somit jede der drei Laborsituationen entsprechend einer Serie von drei zusammengehörigen Experimenten und führt alle Versuche durch. Betreut werden die Schüler nach einem kurzen Einstieg in das Thema von einer studentischen Hilfskraft, die „ihre Gruppe“ über den gesamten Vormittag begleitet und unterstützt. Der Ablauf des Labortages für die Schüler der Jahrgangsstufe 3-6 gliedert sich etwa wie folgt:

09.00-09.30h Einführung, Einteilung der Klasse in drei Gruppen

09.30-10.30h Experimente in den Gruppen (1. und 2. Labor)

10.30-11.00h Frühstückspause

11.00-11.30h Experimente in den Gruppen (3. Labor)

11.30-11-45h Abschlussbesprechung

Die begleitenden Lehrkräfte der Schulklassen werden nicht in die Betreuung ihrer Schüler miteinbezogen. Dies hat sich als positiv herausgestellt, da sich die Schüler unbeobachtet und frei in ihren Handlungen erleben.

Die Experimentierserien für die erste Spiralebene sind auf wenige Alltagsprodukte fokussiert, die den Schülern bekannt sind und zu denen sie unabhängig vom Interesse oder schulischem Vorwissen über Kenntnisse verfügen. So werden z.B. in der Reihe *Produkte der Chemie* Kunststoffe oder Farben aus dem Ausgangsstoff Milch hergestellt. Das *teutolab*-Team versucht durch derartige Experimente den Schülern neue Anwendungsgebiete aufzuzeigen, aber auch ihr Vorwissen zu strukturieren und zu systematisieren.

---

<sup>103</sup> Die motivierende Funktion des Konzeptes *Chemie im Kontext* lässt sich mit dem Interessenkonstrukten von Krapp und Schiefele erklären (vgl. Kap. 2.4.4). Als wesentliche Determinante intrinsischer Motivation ergibt sich Interesse aus einer Interaktion zwischen der lernenden Person und dem Lerngegenstand. Wenn als eine Bewertungstendenz in dieser Personen-Gegenstands-Beziehung eine hohe subjektive Wertschätzung des mit dem Interesse verbundenen Gegenstandsbereichs vorhanden ist, dann ist eine erforderliche Voraussetzung intrinsisch motivierter Lernhandlungen erfüllt.

Die Schüler der Sekundarstufen I und II erleben das *teutolab* in leicht veränderter Form. Zwar sind auch hier Alltagsbezug und eigenständiges Experimentieren zentrale Elemente, da die Schüler aus zeitlichen Gründen jedoch nicht mehr alle Versuche im Rotationsverfahren durchlaufen können, sondern parallel gearbeitet wird, führen sie nur zwei der drei jeweils angebotenen Versuche durch. Anschließend müssen sie ihre neu gewonnenen Erkenntnisse denjenigen Mitschülern vorstellen, die den entsprechenden Versuch nicht durchgeführt haben. Die Schüler werden somit angeregt, Ergebnisse verständlich und interessant zu vermitteln und schulen dadurch auch ihre sozialen und sprachlichen Kompetenzen. Da die Vorstellung in einem eher entspannten Rahmen ohne Leistungsbeurteilung stattfindet, sind die Schüler gelöst und positiv eingestellt. Der Ablauf des Labortages für die Schüler der Jahrgangsstufe 7-12 gliedert sich etwa wie folgt:

09.00-09.30h Einführung, Einteilung der Klassen in drei Gruppen

09.30-11.15h arbeitsteilige Experimente, Vorbereitung der Präsentation

11.15-11.45h Frühstückspause

11.45-12.15h Präsentation der Gruppenergebnisse, Abschlussbesprechung

Das bereits erwähnte Konzept von *Chemie im Kontext* findet sich in der Gestaltung des *teutolab*-Besuchs wieder, da alle vier Lernphasen - Begegnung, Neugier und Planung, Erarbeitung und Präsentation sowie Abstraktion und Vernetzung (Parchmann et al. 2001, S. 6f) - durchlaufen werden. Die Phasen Abstraktion und Vernetzung sind dabei naturgemäß nur in den Sekundarstufen I und II anzutreffen.

Zusätzlich zur erhofften Motivierung der Schüler, die das *teutolab* anstrebt, stehen zwei weitere zentrale Aspekte im Mittelpunkt.

Zum einen bietet das *teutolab* neben den Labortagen für die Schüler auch Lehrerfortbildungen an. Diese werden „hands-on“ durchgeführt, d.h. die Lehrer erhalten die Möglichkeit, selbständig zu experimentieren. Dieses Konzept zahlt sich insbesondere für Primarstufenlehrer aus, die laut eigener Aussagen aufgrund ihrer in der Regel eigenen defizitären Ausbildung oftmals Berührungängste gegenüber naturwissenschaftlichen Unterrichtsinhalten haben.

Zum anderen bietet sich das *teutolab* als Forschungsplattform für pädagogisch-psychologische und fachdidaktische Studien an. Da curriculare Erfordernisse oftmals tiefgreifende Einschnitte in das Unterrichtsgeschehen nicht erlauben, neue Konzepte aber ständig entwickelt und evaluiert werden müssen, um aktuellen Bedürfnissen zu

genügen, können Mitmachlabore wie das *teutolab* diese erprobende und evaluierende Aufgaben durchführen. Dass man auf die für derartige Studien benötigten Schüler dabei direkt zugreifen kann, ist ebenso vorteilhaft, wie entwickelte Experimentalreihen und Vermittlungskonzepte unmittelbar zu erforschen und zu optimieren. Der Erfolg der umgesetzten Konzepte wird sowohl von den Schülern als auch von den sie begleitenden Lehrern bewertet. Diese Rückmeldungen erlauben es, fehlerhafte Konzepte zeitnah zu optimieren, wobei insbesondere die Schülerbewertungen berücksichtigt werden. Denn nur die Schüler können unmittelbar beurteilen, wie es um die motivierende Funktion des *teutolabs* bestellt ist.

In der vorliegenden Studie sollen durch die Evaluation des laufenden Modells *teutolab* Empfehlungen herausgearbeitet werden, die der Verbesserung des naturwissenschaftlichen Unterrichts dienen. Eine nachfolgende intensive Zusammenarbeit der Institutionen Schule und Hochschule ist erwünscht und soll zu Fortschritten gelangen, die schließlich auch in einer neu konzipierten Lehrerausbildung münden sollen. In einem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) finanziertem, interdisziplinärem Projekt der Fakultäten für Chemie und Psychologie wurde diese Evaluation durchgeführt.<sup>104</sup>

Während der Fachbereich der Pädagogischen Psychologie die Faktoren der Wirkung und Erzeugung von Interessiertheit untersucht,<sup>105</sup> werden aus fachdidaktischer Perspektive animistische Kommunikationsprozesse und ihre Wirksamkeit hinsichtlich der Verständigungssicherung erforscht.<sup>106</sup>

Verständliche Kommunikation und motivierende sprachliche Eigenschaften bei der Vermittlung chemischer Phänomene werden im Vergleich zu anderen motivationalen Variablen wie Selbsttätigkeit, Alltagsbezug oder das Experimentieren in Kleingruppen häufig vernachlässigt. Doch gerade dieser Aspekt kann schon früh eine positive affekti-

---

<sup>104</sup> Der vollständige Name des Projektes lautet: Erarbeitung von Empfehlungen zur Förderung der strukturellen Zusammenarbeit zwischen Schule und Hochschule zur Verbesserung des naturwissenschaftlichen Unterrichts auf der Basis des Bielefelder Modells „*teutolab*“.

<sup>105</sup> Die Ergebnisse dieser Studie werden als Dissertation in Kürze von Alexander Brandt, Fachbereich Pädagogische Psychologie der Universität Bielefeld veröffentlicht.

<sup>106</sup> Neben der in dieser Arbeit berücksichtigten Evaluation im Bereich der Sekundarstufe I liegen weiterhin Ergebnisse einer Evaluation im Bereich der Primarstufe vor (Möller et al. 2003). Durch die konsequente Berücksichtigung der oben dargestellten didaktischen Konzepte zeigen sich bei den Schülern positive Effekte hinsichtlich Motivation und Interesse. Auch mehrere Monate nach dem Besuch des *teutolabs* wird es von den Kindern sehr positiv bewertet, wobei insbesondere die Eigentätigkeit und das Selbstkonzept der Schüler bei der Beurteilung Deckeneffekte (i.e. eine starke und eindeutige positive bzw. negative Ausrichtung in der Bewertung) zeigten.

ve Bindung an den Bereich der chemischen Phänomene generieren. Vernachlässigt man jedoch den mündlichen Aspekt bei der Vermittlung, kann Unterrichtssprache schnell zu einer Kopie der Wissenschaftssprache und somit oftmals unverständlich werden. Sachsse verweist auf die Verantwortung des Naturwissenschaftlers, indem er sagt:

„Das Ziel der erkenntniskritischen Bemühung ist es nicht nur, daß der Naturwissenschaftler seine persönliche Klarheit gewinnt, sondern es besteht auch die dringende Notwendigkeit, daß er seine Arbeit und seine Probleme besser zum allgemeinen Verständnis bringt.“ (Sachsse 1969, S. 36).

Wenn eine verständliche Darstellung wissenschaftlicher Prozesse und Ergebnisse von den Fachwissenschaftlern gefordert wird, muss diese Forderung an den naturwissenschaftlichen Unterricht umso deutlicher gestellt werden. Denn Wissensvermittlung muss sich am Denken des Lernenden orientieren, wenn sie fruchtbar sein soll; und die Sprache der Vermittlung ist dabei ein entscheidendes Element. Ob eine verstärkt animistische Vermittlung verständnisfördernd, sinnstiftend und motivierend ist, wie in Kap. 2.4 diskutiert wurde, ist in der vorliegenden empirischen Studie am *teutolab* der Universität Bielefeld untersucht worden.

### 3.3 Untersuchungsdesign

#### *Der qualitative Forschungsansatz*

Um die Effekte der Intervention im kognitiven und affektiv-emotionalen Bereich zu ermitteln, stellen sich verschiedene empirische Forschungsansätze zur Auswahl, die alle unter die Begriffe der quantitativen bzw. der qualitativen Forschung zusammen gefasst werden können.

Da es empirische Studien zum Animismus als alternative Methode zur Vermittlung naturwissenschaftlicher Inhalte bis zu diesem Zeitpunkt nicht gibt, scheint ein quantitativer Forschungsansatz weniger geeignet, um die gewünschten Effekte zu untersuchen. Die Methoden quantitativer Forschung wie Skalen, Fragebögen oder andere standardisierte Instrumente benötigen nahezu immer vorgegebene Kategorien, die in das Untersuchungsinstrument einfließen. Diese Kategorien sollten auf Erfahrungen basieren, wollen sie sich nicht als beliebig darstellen lassen. Fehlen solche Erfahrungen und Voruntersuchungen, ist die Entwicklung valider quantitativer Testinstrumente beeinträchtigt.

Im Gegensatz hierzu beruhen qualitative Methoden eher auf der Tradition der Feldforschung, die z.B. sich auf den Arbeiten von Glaser & Strauss (1967) gründet. Diese nähert sich verstärkt durch offene Befragungen und der Interpretation unstrukturierter Beobachtungen den Untersuchungsgegenständen an (Mayring 1999, S. 1).

Qualitative Forschung umfasst eine Vielzahl unterschiedlicher Verfahren. All diesen Verfahren ist als forschungsleitendes Modell ein interpretatives Paradigma gemeinsam, wie es Wilson in den 70er Jahren formuliert hat (Wilson 1973). Ihm liegt der Gedanke zu Grunde, dass Menschen nicht nach starren Normen oder Rollen handeln, sondern dass jede soziale Aktion interpretativ aufzufassen ist. Im sozialen Handeln deutet der Mensch seine Situation und macht sich klar, welche Rollenzuschreibung er besitzt und welche Perspektiven er hat.<sup>107</sup>

„It is evident that if social interaction is an interpretative process, description of interaction cannot be literal and sociological explanations of patterns are not deductive in any strict sense. Thus, a commitment to deductive explanation ... is incompatible with the study of patterns of action. (...) Meanings and definitions of situations are constituted and have their objectivity established through the interpretative processes of interaction rather than by reference to a body of culturally given common definitions.“ (Wilson 1973, S. 77f).

Der Wissenschaftler hat somit bei der Beobachtung sozialer Interaktionen die Aufgabe zu interpretieren und sich nicht allein normativen Gegebenheiten zu widmen.

Oftmals kann zwischen qualitativer und quantitativer Forschung nicht klar getrennt werden, so dass man bei dem Versuch einer begriffstheoretischen Abgrenzung quantitativer und qualitativer Analyse schnell an die Grenzen dieses Vorhabens stößt.<sup>108</sup>

---

<sup>107</sup> Die qualitative Forschung orientiert sich damit traditionell am *symbolischen Interaktionismus* der Chicagoer Schule der Soziologie, deren Vertreter unter anderem G.H. Mead und R. Park sind. Der symbolische Interaktionismus beinhaltet drei Prämissen. Er geht davon aus, dass Menschen „Dingen“ gegenüber auf Grundlage von Bedeutungen handeln, die diese für sie haben. Diese Dinge können physische Gegenstände, Menschen, Handlungen oder auch Situationen sein. Die Bedeutungen der Dinge werden aus der sozialen Interaktion mit den Mitmenschen abgeleitet oder entstehen aus ihr. Und schließlich werden die Bedeutungen in der Auseinandersetzung mit den Dingen und einem nachfolgenden interpretativen Prozess verändert.

Für die Forschung bedeuten diese Prämissen, dass die Rekonstruktion der subjektiven Sichtweisen im Zentrum der Analyse steht. Der Forscher muss also die Welt aus dem Blickwinkel der Subjekte, die er untersucht, zu erfassen versuchen (Flick 2002, S. 34ff).

<sup>108</sup> Allgemein betrachtet, lässt sich eine *qualitative Wende* (i.e. der Trend zu qualitativen Erkenntnismethoden) seit ca. 30 Jahren ausmachen. Die qualitativen Ansätze beruhen dabei vor allem auf soziologischen Ansätzen der 70er Jahre, die sich einig sind in ihrer Kritik an quantitativen Forschungsinstrumenten. Denn letztere lassen durch ihre starke Standardisierung das Subjekt nicht zu Wort kommen, sondern reduzieren es auf das Reagieren auf vorgegebene Kategorien (Mayring 1999, S. 1ff).

Stegmüller versucht dieses dennoch, indem er anmerkt, dass sich ein Unterschied in dem Paar *quantitativ-qualitativ* nicht in der Realität ausdrückt, sondern allein in der Sprache (Stegmüller 1970, S. 16). So sind nahezu alle Alltagsbegriffe qualitative Begriffe, während quantitative Begriffe in die Sprache als numerische Funktion eingeführt werden, deren Wertbereich aus Zahlen besteht (Stegmüller 1970, S. 44f).

Dass aber die Begriffe nicht vollständig voneinander abgegrenzt werden können, macht Lewin deutlich. Er hebt hervor, dass „zur Bestimmung der Quantität eines Objektes (...) immer auch das Quale anzugeben (ist), dessen Quantum bei diesem Objekt bestimmt werden soll.“ (Lewin 1981, S. 97). Im wissenschaftlichen Prozess muss der qualitative Schritt vor dem quantitativen Schritt erfolgen, wie auch Kracauer bemerkt, indem er an den Anfang der für jeden quantitativen Prozess obligatorischen Kategorienbildung die Notwendigkeit qualitativer Argumentation setzt (Kracauer 1972, S. 55). Oder anders formuliert: Man muss erst wissen, was man untersuchen will, bevor man es quantitativ erfassen kann.

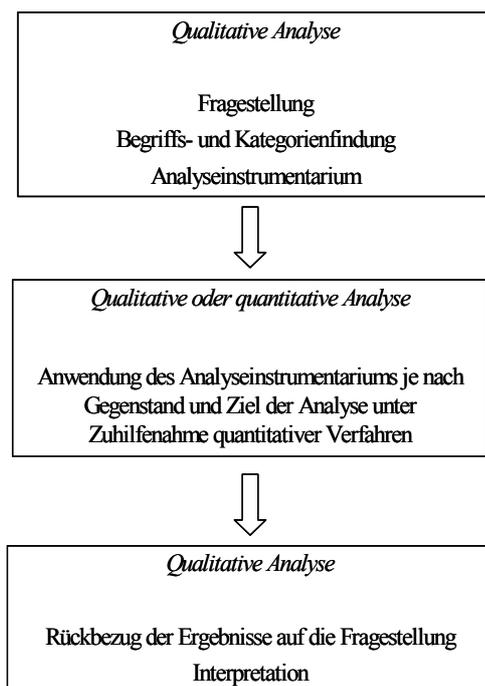
Mayring unterscheidet die Begriffe *qualitativ* und *quantitativ* allgemeiner, indem er als Ausgangspunkt das implizite Wissenschaftsverständnis wählt (Mayring 2000, S. 17f). Er bezieht sich dabei auf den von Dilthey formulierten Satz „*Die Natur erklären wir, das Seelenleben verstehen wir.*“ Daraus ergibt sich ein Programm, einer naturwissenschaftlich erklärenden Psychologie eine geisteswissenschaftlich verstehende gegenüberzustellen. Die Analyse der Untersuchungsgegenstände, Zusammenhänge und Prozesse wird durch ein Verstehen dieser ergänzt, indem man sich in sie hineinversetzt, sie nacherlebt oder sie sich nacherlebend vorstellt.

„Qualitative Wissenschaft als verstehende will also am Einmaligen, am Individuellen ansetzen, quantitative Wissenschaft als erklärende will an allgemeinen Prinzipien, an Gesetzen oder gesetznähnlichen Aussagen ansetzen. Erstere versteht sich eher induktiv, zweitere eher als deduktiv.“ (Mayring 2000, S. 18).

Mayring problematisiert die Komplexität empirischer Untersuchungen. Im wissenschaftlichen Disput wird der quantitativen Forschung oftmals vorgeworfen, dass sie ihren Untersuchungsgegenstand zerstückele und ihm durch die Berücksichtigung nur einzelner Variablen die eigentliche Bedeutung nehme bzw. diese verzerre. Qualitativer Forschung wird dem gegenüber zugute gehalten, dass sie die volle Komplexität ihrer Gegenstände erfassen will. Dem vielfältigen und komplexen Konstrukt menschlicher Wirklichkeit erscheint daher der qualitative Ansatz gerechter zu werden.

Die kurze Darstellung des Problems *qualitative vs. quantitative Forschung* verdeutlicht die Schwierigkeit einer strikten Abgrenzung dieser Verfahren. Mayring versucht dieses Gegensatzpaar zu überwinden, indem er qualitative und quantitative Forschung als ergänzende und einander bedingende Instrumente darstellt (Mayring 2000, S. 19f). Demnach sollte quantitative Forschung mit vorhergehender qualitativer Forschung gekoppelt sein. Ansonsten besteht bei der ausschließlichen Anwendung quantitativer Methoden die Gefahr, alle vorausgehenden Analyseschritte anderer Forschungsvorhaben implizit zu übernehmen, ohne sie aber eigens neu zu thematisieren.

Und auch die mathematischen Verfahren quantitativer Forschung, wie z.B. die Kalkulation von Wahrscheinlichkeiten und das Erstellen von Korrelationen, die häufig ohne weiteren Rekurs auf den analysierten Inhalt durchgeführt werden, können zu ungenauen und schiefen Ergebnissen führen, wie Kracauer anmerkt (Kracauer 1972, S. 54).



**Abb. 12:** Phasenmodell zum Verhältnis qualitativer und quantitativer Analyse.

Der Ablauf empirischer Sozialforschung sollte nach Mayring aber immer dem schon erwähnten Muster folgen (vgl. Abb. 12), dass nämlich am Anfang wissenschaftlichen Vorgehens der qualitative Schritt steht. Nachdem der Gegenstand erfasst ist, können dann quantitative Analyseschritte folgen, ohne dass diese obligatorisch sind. Vielmehr

werden sie als Hilfsmittel verstanden, um Aussagen über den Gegenstand zu erlangen. Dabei ist die explizite Bezeichnung quantitativer Schritte unumgänglich. Der abschließende Schritt wissenschaftlichen Vorgehens hat wiederum qualitativen Charakter. Quantitative Ergebnisse werden auf den Ausgangspunkt der Untersuchung rückgeführt und interpretiert. Mayring fasst das wissenschaftliche Vorgehen kurz zusammen: „Von der Qualität zur Quantität und wieder zur Qualität.“ (Mayring 2000, S. 19f.)

Zusammenfassend kann das Plädoyer Frühs angeführt werden, nämlich „dass nur eine sinnvolle, die jeweiligen methodischen Stärken nutzende Verbindung beider Sichtweisen und Strategien zu einer validen und ertragreichen Methodenentwicklung bei der Inhaltsanalyse führen kann.“ (Früh 2001, S. 74).

#### ***Die Rolle des Interviews im Rahmen qualitativer Forschung***

Ein wichtiges Erhebungsinstrument der qualitativen Forschung ist das Interview. Da es auch im Rahmen dieser Arbeit einen zentralen Platz einnimmt, sollen die Besonderheiten im Folgenden genauer erläutert werden.

Allgemein betrachtet folgt das Interview einem immer gleichen Ablauf: 1. inhaltliche Vorbereitung, 2. organisatorische Vorbereitung, 3. Gesprächsbeginn, 4. Durchführung und Aufzeichnung des Interviews, 5. Gesprächsende, 6. Verabschiedung und 7. Gesprächsnotizen (Bortz, Döring 2002, S. 309).

Mayring konkretisiert die Funktion des Interviews. Er hebt hervor, dass man die Subjekte als Experten für ihre eigenen Bedeutungsgehalte selbst zur Sprache kommen lassen muss und klassifiziert verschiedene Interviewtechniken, die in der qualitativen Forschung üblich sind (Mayring 1999, S. 49ff). Neben dem narrativen Interview, in dem der Interviewpartner nicht mit standardisierten Fragen konfrontiert wird, sondern aufgefordert wird frei zu erzählen, und der Gruppendiskussion, die ähnlich hohe Freiheitsgrade besitzt, aber eher auf kollektive Einstellungen und latente gesellschaftliche Sinngehalte abzielt, betont er insbesondere das problemzentrierte Interview.

#### ***Das problemzentrierte Interview***

Der Begriff des problemzentrierten Interviews wurde von Witzel (1985) geprägt. In dieser Interviewform kommt der Befragte frei zu Wort, wobei im Zentrum des Interviews eine vorherrschende Problemstellung steht, die es aufzuklären gilt. Die Problem-

zentrierung verlangt, dass der Interviewer das Gespräch auf dieses Problem lenkt und immer wieder aus verschiedenen Perspektiven darauf zurückkommt.

Voraussetzung ist eine klar umrissene Problemstellung unter kritischer Berücksichtigung einschlägiger Theorien und empirischer Untersuchungen. Weiterhin sollten das Untersuchungsfeld erkundet sowie die Erfahrungen von Experten einbezogen werden (Witzel 1985, S. 230).

Der Forscher gerät hierdurch in ein Spannungsfeld. Einerseits soll er während der Datenerhebung voraussetzungslos den Standpunkt des Befragten annehmen können, andererseits sichtet er in der Auswertungsphase das Material mit Hilfe der angesammelten wissenschaftlichen Theorien und zieht seine Schlüsse daraus. Diese Haltung gegenüber dem Forschungsgegenstand bezeichnet Witzel als „Dr. Jekyll-Mr. Hyde-Syndrom“ (Witzel 1985, S. 231).

Als ein wichtiges Kriterium des problemzentrierten Interviews stellt Witzel ebenso die Gegenstandsorientierung heraus. Hierunter ist die Wahl der passenden Interviewmethode zur Ermittlung relevanter Daten zu verstehen.<sup>109</sup>

Ein weiteres wichtiges Interviewmerkmal wird von Kohli herausgestellt, nämlich die *Offenheit des Interviews* (Kohli 1978). Er grenzt dieses vom „geschlossenen Interview“ ab. Im offenen Interview ist der Befragte durch die relativ offenen Fragen aktiver und kann das Interview infolgedessen leichter steuern. Andererseits nötigt ihm das offene Interview verstärkt eigene Antwortformulierungen ab.

Der entscheidende Vorteil der offenen Interviewform liegt in der Möglichkeit, dass die Befragten ihre subjektiven Perspektiven sowie größere kognitive Strukturen offen legen können, ohne vom Gesprächspartner zu sehr geführt zu werden. Weiterhin wird im offenen Interview eher deutlich, ob der Befragte die Frage im Sinne des Interviewers verstanden hat und ob der Interviewer die Antworten des Befragten sinngemäß interpretiert hat.

„Geschlossene Verfahren gehen davon aus, dass der Befragte die Frage so versteht, wie der Forscher es beabsichtigt, und überdies im von diesem beabsichtigten Bezugsrahmen antwortet. Das setzt bei Interviewern und Befragten ein gemeinsames Symbolsystem

---

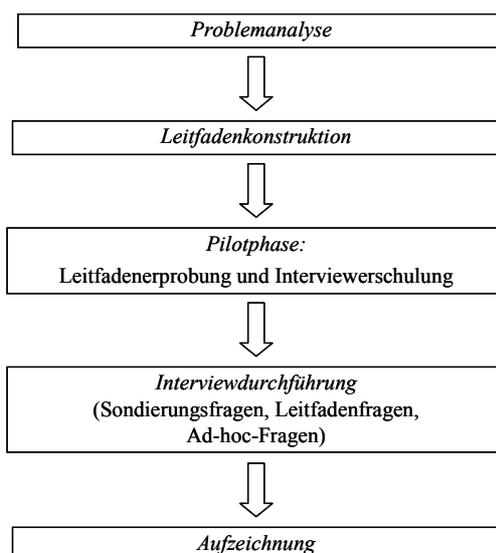
<sup>109</sup> Bei Lebenslaufanalysen der biographischen Methode erweist sich z.B. das narrative Interview als geeignet. Bei Deutungsmustern sozialer Realität, z.B. im Rahmen des lebenspraktischen Zurechtkommens mit Anforderungen des Berufs- oder Schullebens, ist das Interview in Dialogform zu wählen. Denn hier bieten sich detaillierte Nachfragemöglichkeiten (Witzel 1985, S. 232f).

mit äquivalenten Anwendungsregeln voraus. Die bisherige Argumentation hat gezeigt, dass diese Voraussetzung problematisch ist. Kommunikation heißt immer (wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß) Fremdverstehen. Das macht eine wechselseitige ‚Übersetzung‘ erforderlich.“ (Kohli 1978, S. 9).

Im offenen Interview wird dieses Problem umgangen, indem während des Interviews der Befragte durch seine Antworten zu erkennen gibt, ob ein Fremdverstehen gelungen oder gescheitert ist. Mayring spricht in diesem Zusammenhang auch von einer *Vertrauensbeziehung* zwischen Interviewer und Befragtem, die in aller Regel zu ehrlichen, reflektierten und genauen Äußerungen führt (Mayring 1999, S. 51). Die erhaltenen, möglichst umfassenden Äußerungen ergeben das zu evaluierende Rohmaterial. Der dynamische Prozess während des Interviews führt somit zu ersten Auswertungsschritten während der Datenerhebung.

Die obigen Ausführungen ziehen einen Ablauf des problemzentrierten Interviews nach sich, wie ihn Mayring in dem untenstehenden Schema (vgl. Abb. 13) darstellt (Mayring 1999, S. 53).

Der Ablauf eines problemzentrierten Interviews ist klar strukturiert. Nach der Problemanalyse wird ein flexibler Interviewleitfaden erstellt, der durch neu gewonnene Erkenntnisse korrigiert werden kann und in einer Pilotphase durch einige Probeinterviews getestet wird. Diese Pilotphase dient gleichzeitig der Interviewerschulung.



**Abb. 13:** Ablaufmodell des problemzentrierten Interviews.

Die Interviews sollten zu Beginn durch Sondierungsfragen gekennzeichnet sein, die thematisch einführen sowie eine Vertrauensbasis zwischen Interviewer und Befragten schaffen. Anschließend behandeln die zentralen Leitfadenfragen die wesentlichen Aspekte des Forschungsgegenstandes und liefern in der Regel die wichtigsten Erkenntnisse. Ad-hoc-Fragen treten auf, wenn im Gespräch Bereiche berührt werden, die nicht im Leitfaden verzeichnet sind. Der Interviewer kann durch diese Fragen neue und inhaltlich wertvolle Aspekte spontan hinterfragen. Die Aufzeichnung des Materials geschieht in aller Regel durch Tonbandaufnahmen, aber auch Protokolle während oder nach Beendigung des Gesprächs sind üblich (Mayring 1999, S. 52ff).

Neben den aufgeführten eher allgemeinen Kriterien, die ein problemzentriertes Interview erfüllen muss, gibt es weitere Kriterien, die insbesondere die praktische Durchführung des Interviews betreffen. Merton und Kendall haben diese Kriterien zusammengetragen, beziehen allerdings ihre Ausführungen auf das *fokussierte Interview*, das als Vorläufer des problemzentrierten Interviews gelten kann (Merton & Kendall 1993). Sie tragen vier zentrale Kriterien zusammen: *Nicht-Beeinflussung*, *Spezifität*, *Erfassung eines breiten Spektrums* und *Tiefgründigkeit und personaler Bezugsrahmen*.

Das Kriterium der *Nicht-Beeinflussung* sollte in jedem problemzentrierten bzw. fokussierten Interview im Vordergrund stehen. Die Wahrscheinlichkeit, dass der Befragte äußert, was er denkt und empfindet, und nicht das äußert, was der Interviewer von ihm erwartet, ist dann besonders groß. Direktive, stark beeinflussende Fragen führen kaum zu nicht-antizipierten Antworten, denn durch sie hat der Interviewer bereits bestimmte Vorstrukturierungen vorgenommen. Direkte Fragen bieten sich im Interview nur dann an, wenn das Gespräch verstärkt durch irrelevante und unproduktive Abschweifungen gekennzeichnet ist. Ansonsten sollten halbstrukturierte Fragen benutzt werden, da der Interviewer durch diese Fragen auf ein Interessenfeld führt, auf dem der Befragte aber in seinen Antworten relativ frei bleibt. Ein Interviewleitfaden hinsichtlich der nachfolgenden Analyse ist jedoch auch hier unerlässlich, da nur so gewährleistet wird, „dass die gleichen Bezugspunkte berührt werden und dass die Daten in einem Zusammenhang zu den gleichen Hypothesen stehen.“ (Merton & Kendall 1993, S. 184).

Das zweite Kriterium der *Spezifität* ist ebenfalls zu berücksichtigen. Merton & Kendall weisen darauf hin, dass die Befragten retrospektiv einer bestimmten, erlebten Situation eine andere Bedeutung zumessen als zum Erlebniszeitpunkt, da oftmals zwischen erlebter Situation und Befragungszeitpunkt größere Zeiträume liegen und so eine verzerrte

Erinnerung auftritt. Den Befragten sollte dann die „signifikante Grenze“ der Gesamtsituation sichtbar gemacht werden, z.B. auf verbalem Wege oder durch Foto- oder Audiomaterial.

„Ein Nachteil solcher Methoden ist der, dass der glatte Gesprächsverlauf, zumindest für eine Zeit lang unterbrochen wird. (...) Das beste ist deshalb, zwei Methoden zu verbinden, d.h. gelegentlich graphisches Anschauungsmaterial anzubieten, häufiger jedoch verbale Stichworte zu geben.“ (Merton & Kendall 1993, S. 188).

Die *Erfassung eines breiten Spektrums* als drittes Kriterium dient dazu, das gesamte Spektrum der Reaktionen des Befragten aufzudecken. Der Interviewer erreicht dies, indem er entweder durch unstrukturierte Fragen thematisch überleitet oder sich während des Interviews auf gesammelte und notierte Äußerungen des Befragten bezieht. Gegen Ende des Interviews tritt der letztgenannte Fall besonders häufig auf, da oftmals noch wichtige Punkte näher erörtert werden müssen. Dann bleibt häufig nur die Wahl durch mutierende Fragen in das Gespräch direkt einzugreifen, indem auf den noch unbearbeiteten Themenbereich explizit Bezug genommen wird.

Durch das vierte Kriterium der *Tiefgründigkeit* werden affektive Äußerungen vertiefend erörtert. „Der Interviewer versucht, ein Höchstmaß an selbstenthüllenden Kommentaren des Informanten darüber, wie er das Stimulusmaterial erfahren hat, zu erhalten.“ (Merton & Kendall 1993, S. 197).

Affektive Äußerungen sollten so tief wie möglich ausgelotet werden, da sie die persönliche Bedeutsamkeit der Stimulussituation besonders hervorheben. Während intensive Gefühlsäußerungen stark affektiv gefärbt sind, weisen beiläufige Reaktionen des Befragten auf eine geringe Bedeutung des Gegenstandes für ihn hin (Merton & Kendall 1993, S. 197ff).

Ein ungeschulter Interviewer kann alle genannten Kriterien nur schwer einhalten, so dass die Durchführung von Probeinterviews in der Pilotphase nicht nur der Leitfadenerprobung dient (vgl. Abb. 13), sondern auch den Interviewer schult und ihm Sicherheit gibt.

Weiterhin wird deutlich, dass der Interviewer mit dem theoretischen Hintergrund des Untersuchungsgegenstands vertraut sein sollte, da er nur dann erkennen kann, wann es angemessen ist, den Interviewleitfaden zu verlassen sowie den Befragten breitere Artikulationschancen einzuräumen (Hopf 2000, S. 358).

#### ***Übertragung des qualitativen Forschungsansatzes auf die Intervention im teutolab***

In Anlehnung an das oben dargestellte wissenschaftliche Vorgehen qualitativer Forschung wurde folgendes Untersuchungsdesign erarbeitet.

Um den Einfluss einer animistischen Vermittlung zu untersuchen, wurde im Rahmen qualitativer Forschung eine Interventionsstudie entwickelt, in der zwei Schülergruppen verglichen werden sollten. Während einer Gruppe die Phänomene der Versuchsreihen und deren naturwissenschaftliche Deutung animistisch vermittelt wurden, erhielt eine andere Gruppe eine verstärkt naturwissenschaftlich-objektive Vermittlung. Im Zentrum stand dabei die Frage, ob sich unterschiedliche motivationale und kognitive Einflüsse im Gruppenvergleich differenzieren lassen.

Die Interventionsstudie wurde durch Videoaufzeichnungen dokumentiert. Dazu standen eine Handkamera und sechs fest installierte Kameras mit jeweils zwei Zusatzmikrofonen zur Verfügung. Abschließend folgte eine Interviewstudie, die ca. vier Monate nach der Intervention durchgeführt wurde, und in der einige Schüler ihre persönlichen Erfahrungen des *teutolab*-Besuchs detailliert schilderten.

#### **3.3.1 Vorfeld der Intervention**

Im Vorfeld der Interventionsstudie wurde eine für die Untersuchung geeignete Experimentalreihe des *teutolabs* ausgewählt, deren ursprüngliche Versuchsanleitungen modifiziert wurden. Die Modifikationen unterschieden sich durch eine verstärkt animistische oder eine verstärkt naturwissenschaftlich-objektive Darstellungsweise.

Zudem wurden die studentischen Hilfskräfte, welche die Schüler während ihres Besuchs betreuten, geschult. Die animistische Vermittlung war durch einen weitestgehenden Verzicht naturwissenschaftlich-objektiver Fachbegriffe und Formalismen sowie durch einen verstärkten Einsatz von Animismen und Anthropomorphismen gekennzeichnet. Bei der naturwissenschaftlich-objektiven Vermittlung wurden die für den Anfangsunterricht Chemie üblichen Fachtermini, Modelle und Formalismen verstärkt benutzt.

#### ***Auswahl der Experimentalreihe***

Zur Überprüfung der Hypothesen wurde eine Experimentalreihe ausgewählt, die für Schüler des Anfangsunterrichtes Chemie angemessen ist. Da der Anfangsunterricht

Chemie zur Zeit in Nordrhein-Westfalen gewöhnlich in der Jahrgangsstufe 7 beginnt<sup>110</sup>, wurde aus dem Experimentalangebot des *teutolabs* eine Reihe gewählt, die speziell für die Jahrgangstufen 7 und 8 konzipiert ist und sich mit der Kartoffelstärke befasst. Um die Eignung der Experimente für die Schüler des Anfangsunterrichts Chemie sicherzustellen, wurde die Experimentalreihe in Rücksprache mit der diese Reihe betreuenden Lehrperson des *teutolabs* ausgewählt.

Die Experimentalreihe zur Kartoffelstärke, die im *teutolab* unter dem Oberbegriff *Produkte der Chemie* läuft, besteht aus fünf Teilversuchen. Neben der Herstellung von Stärkefolie, Stärkekleber und Stärkopor wird ferner Bioalkohol hergestellt und anschließend destilliert.

#### ***Der fachwissenschaftliche Hintergrund der Experimente***

##### **Stärke**

Alle Versuche der Interventionsstudie haben als Edukt Kartoffelstärke. Stärke ist als *Polysaccharid* aus dem Monomer Glucose aufgebaut. Sie gehört somit zu den Kohlehydraten und dient in der Natur als Reserve- und Speicherstoff.<sup>111</sup>

Die einzelnen Glucose-Einheiten der Stärke sind  $\alpha$ -*glycosidisch* miteinander verknüpft. Hierin unterscheidet sich Stärke von dem Polysaccharid Cellulose, das  $\beta$ -*glycosidisch* verknüpft ist. Die beiden Hauptbestandteile der Stärke sind *Amylose* zu ca. 20% und *Amylopektin* zu ca. 80 %. Beide Formen sind in warmem Wasser löslich.

*Amylose* ( $M \approx 150000-600000 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) besteht aus ca. 100-1500 Glucoseeinheiten, die über 1,4'-Etherbrücken  $\alpha$ -*glycosidisch* verknüpft sind (vgl. Abb. 14). Die dreidimensionale Struktur gleicht einer eng gewundenen *Helixstruktur*, deren Aufbau sich nach den gleichen Prinzipien wie bei Polypeptidketten oder Nucleinsäuren herleiten lässt (vgl. Abb. 15). Die Glucoseeinheiten bilden eine relativ starre dreidimensionale makromolekulare Struktur, die durch kovalente Bindungen gekennzeichnet ist. Da Stärke als Polysaccharid weiterhin eine hohe Anzahl an Hydroxy-Gruppen besitzt, beeinflussen diese

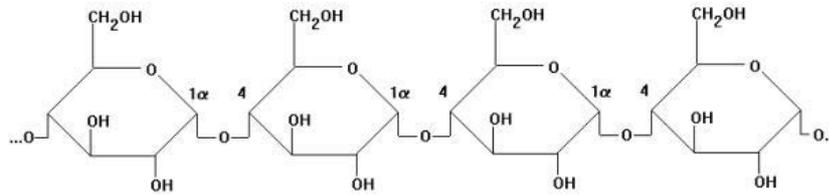
---

<sup>110</sup> Auf das zur Zeit fakultativ erprobte Unterrichtsfach *Naturwissenschaften* mit Inhalten aus den Bezugsfächern Chemie, Physik und Biologie für die Klassenstufen 5 und 6 wurde in der Untersuchung noch keine Rücksicht genommen, da es erst ab dem Schuljahr 2005/2006 verpflichtend unterrichtet wird. Siehe auch: Bildungsserver des Landes Nordrhein-Westfalen.

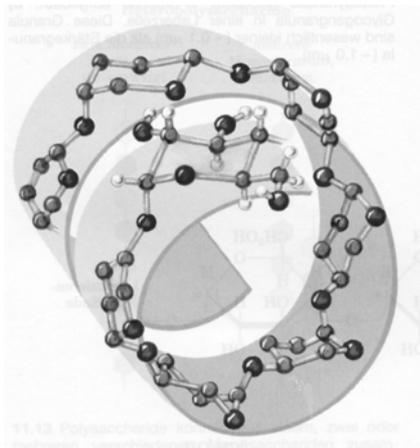
<http://www.learnline.nrw.de/nav/sekundarstufen/naturwissenschaften> (eingesehen am 05.11.2003).

<sup>111</sup> Da die saure oder enzymatische Hydrolyse von Polysacchariden zu den einfachen Zuckern als Spaltprodukte führt, ermöglicht sie einen guten Einstieg in die Chemie der Oligo- bzw. Monosaccharide oder kann als Ausgangspunkt zur Gewinnung verschiedener organischer Chemikalien dienen (Blume 1989).

ebenfalls die Struktur. Sie bilden aufgrund von Wasserstoffbrücken im Falle der Amylose (als  $\alpha$ -glycosidisch verknüpftes Polymer) die erwähnte Helixstruktur.



**Abb. 14: Strukturformel von Amylose<sup>112</sup>**



**Abb. 15: Helixstruktur der Amylose (Lehninger et al. 1998, S. 358)**

Amylopektin ( $M \approx 200000$ - $1000000 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) enthält das gleiche Grundgerüst, allerdings gibt es neben  $\alpha(1,4')$ glycosidischen Verknüpfungen auch  $\alpha(1,6')$ glycosidische Verknüpfungen (vgl. Abb. 16) an jeder 20sten bis 25sten Glucoseeinheit (Buddrus 1990; Lehninger et al. 1998; Vollhardt & Schore 2000).

---

<sup>112</sup> nach Dellweg (1992). S. 724.

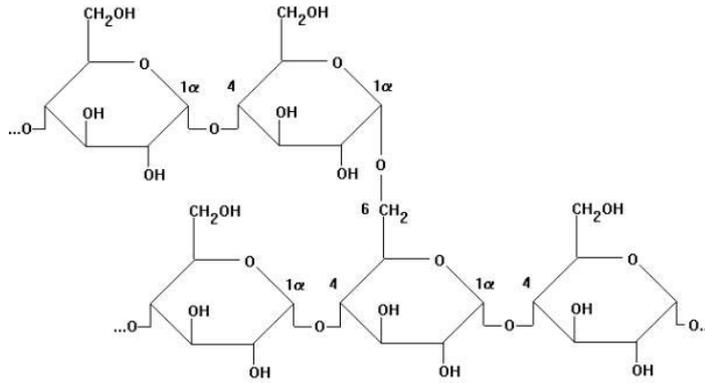


Abb. 16: Strukturformel von Amylopektin<sup>113</sup>

#### Versuch 1: Herstellung einer Stärkefolie

##### *Materialien:*

Erlenmeyerkolben 250 ml, 3 Messpipetten 10 ml, Magnetrührer mit Heizplatte, Messzylinder 50 ml, Magnetrührstäbchen, Handpipette (Kunststoff), Waage, Peleusball, PE-Kunststoffschalen, Rührstab, Stativmaterial und Klammern

##### *Chemikalien / Stoffe:*

6 g Kartoffelstärke, 4 ml Glycerinlösung (w = 85%), 6 ml HCl-Lösung (c = 0,1 mol·l<sup>-1</sup>), 6 ml NaOH-Lösung (c = 0,1 mol·l<sup>-1</sup>), 3 ml Lebensmittelfarbstofflösung, 50 ml destilliertes Wasser, Papierscheibe

##### *Versuchsdurchführung:*

6 g Kartoffelstärke und 50 ml destilliertes Wasser werden in einem Erlenmeyerkolben gefüllt. Anschließend werden 6ml HCl-Lösung, 4 ml Glycerinlösung und 3 ml Lebensmittelfarbstofflösung zugegeben. Der Erlenmeyerkolben wird mit einem Magnetrührstäbchen auf die Heizplatte eines Magnetrührers gestellt und die Lösung wird unter Rühren gekocht, bis die Flüssigkeit geliert. Anschließend gibt man 6 ml NaOH-Lösung hinzu und lässt die Flüssigkeit weiter kochen bis sie klar und dünnflüssig wird.

---

<sup>113</sup> a.a.O. S. 24.

Die Lösung wird mit Hilfe einer Klammer aus dem Erlenmeyerkolben auf eine umgedrehte PE-Schüssel gegossen, auf der sich die Papierscheibe befindet. Anschließend lässt man die Lösung abkühlen und trocknen und zieht sie als Folie nach ca. zwei Tagen von der PE-Schüssel ab.

*Beobachtung:*

Es bildet sich eine elastische, durch Lebensmittelfarbe eingefärbte Folie, welche die Papiereinlage aufgenommen hat.

*Erklärung:*<sup>114</sup>

Die Filmbildungseigenschaften der Stärke beruhen auf intra- und intermolekularen Wasserstoffbrückenbindungen insbesondere der gestreckten Amylosemoleküle. Um die Anzahl der Amylosemoleküle zu erhöhen, wird durch Partialhydrolyse mittels HCl-Lösung das verzweigte Amylopektin nativer Stärke abgebaut. Da eine weitergehende Hydrolyse bis hin zu den Glucoseeinheiten enden würde, gibt man nach einiger Zeit zur Neutralisation NaOH-Lösung hinzu.

Filme, die nur aus Amyloseeinheiten bestehen, sind wegen der Ausbildung kristalliner intermolekularer Bereiche jedoch sehr spröde. Erst wenn wasserähnliche Substanzen oder wie in diesem Falle Wasser eingelagert werden können, welche die kristalline Struktur stören, erhöht sich die Festigkeit der Folie.

Durch übliche Verdunstungsprozesse ist ein Rückhalt von Wassermolekülen jedoch nur mit Hilfe hygroskopischer Substanzen möglich, die ebenfalls in die Folie eingelagert werden müssen. Das wenig flüchtige und hygroskopische Glycerin übernimmt diese Funktion. Da Glycerin ein Polyalkohol ist, der drei OH-Gruppen besitzt, kann es einerseits Wasserstoffbrückenbindungen zur Amylose aufbauen, andererseits aber auch einen Restgehalt Wasser in der Folie zurückhalten. Durch diese Eigenschaften übernimmt auch das Glycerin neben Wasser die Funktion eines Weichmachers (Sommerfeld 1992, S. 56f).

Die Einfärbung der Folie geschieht durch wasserlösliche Lebensmittelfarbstofflösung, welche durch die Hydroxylgruppen der Amylose zurückgehalten wird.

---

<sup>114</sup> Blume & Sommerfeld 1991.

*Sicherheitshinweise:*

Bei der Zugabe von Salzsäure und Natronlauge sollte darauf geachtet werden, dass äquivalente Mengen verwendet werden (Neutralisation), da es sonst zu Verätzungen kommen kann.

*Gefahrenhinweise / R- und S-Sätze:*

Salzsäurelösung (HCl): C; R 34/37; S 26



Natronlauge (NaOH): Xi; R 36/38; S 2 26



### **Versuch 2: Herstellung von Stärkopor**

*Materialien:*

250 ml Becherglas, 100 ml Becherglas, Waffeleisen, Doppelspatel

*Chemikalien / Stoffe:*

20 g Kartoffelstärke, 5 g Backpulver (bzw. Ammoniumhydrogencarbonat), 5 g Gelatine, 30 ml Wasser

*Versuchsdurchführung:*

20 g Kartoffelstärke, 5 g Backpulver und 5 g Gelatine werden in einem 250 ml Becherglas vermischt. Die Mischung wird in ca. 30 ml Wasser eingerührt und anschließend im heißen Waffeleisen gebacken.

*Beobachtung:*

Das Einrühren des Wassers in das Pulvergemisch führt zu einem Aufschäumen. Nach dem Backvorgang im Waffeleisen erhält man eine poröse stabile Stärkoporplatte, die in ihrer Eigenschaft dem Styropor<sup>®</sup> ähnelt.

#### *Erklärung:*

Das Aufschäumen des Gemisches durch Wasserzugabe entsteht durch Kohlenstoffdioxidbildung, welche durch das Backpulver verursacht wird. Diese Gasbildung führt auch dazu, dass die gebackene Stärkorporplatte eine poröse Struktur durch Gaseinschluss erhält.

Ähnlich wie bei der Herstellung der Stärkefolie (siehe Versuch 1) lagern sich in der Stärkorporplatte Amylopektin- und Amylosemoleküle zusammen und verzahnen. Die Bindungen zwischen den Molekülen beruhen neben diesen mechanischen Bindungstypen wiederum auf intra- bzw. intermolekularen Wasserstoffbrückenbindungen. Die Zugabe der Gelatine dient zur Stabilisierung des Stärkorpor. Als gut verdauliches Eiweiß, das aus dem Kollagen der Haut gewonnen werden kann, quillt sie in Wasser zunächst auf und löst sich anschließend unter Bildung einer viskosen Lösung. Durch den beim Backvorgang eintretenden Wasserentzug erhält sie ihre stabilisierende Funktion.

#### **Versuch 3: Herstellung von Stärkekleber**

##### *Materialien:*

250 ml Becherglas, 100 ml Becherglas, Waage, Mikrowellengerät, Spritzbeutel mit Tülle, Tubenhülse mit Spender, Kombizange, Doppelspatel, Rührstab, Haushaltshandschuhe

##### *Chemikalien / Stoffe:*

20 g Kartoffelstärke, 180 ml destilliertes Wasser, 1 Spatelspitze Sorbinsäure

##### *Versuchsdurchführung:*

20 g Kartoffelstärke werden in einem kleinen Becherglas in ca. 30 ml Wasser eingerührt. Man erwärmt z.B. in der Mikrowelle 150 ml Wasser in einem 250 ml Becherglas zum Sieden und rührt anschließend den Stärkebrei in das siedende Wasser ein. Zum Schluss gibt man eine Spatelspitze Sorbinsäure hinzu und rührt sie gut unter. Man lässt abkühlen und füllt den Kleber in den Spritzbeutel. Mit Hilfe des Spritzbeutels werden die Tuben zu etwa zwei Drittel mit dem Kleber befüllt und sorgfältig mit der Zange verschlossen. Es ist darauf zu achten, dass möglichst wenig Luft in der Tube miteingeschlossen wird.

*Beobachtung:*

Es bildet sich ein hochviskoser Klebstoff, der sich insbesondere zum Verkleben rauer Flächen eignet.

*Erklärung:*

Ein Klebstoff ist ein nichtmetallischer Stoff, der Füge­teile durch Haftung auf der Oberfläche des Werkstoffs (Adhäsion) und durch innere Festigkeit (Kohäsion) verbinden kann.

Unter *Adhäsion* wird allgemein die mechanische Verankerung bzw. Verklammerung des Klebstoffs auf den Füge­teiler­flächen verstanden. Diese Verklammerung tritt auf, wenn der flüssige Klebstoff in den Kapillaren und Poren auszuhärten beginnt. Untersuchungen an Metalloberflächen zeigen aber, dass auch andere Faktoren am adhäsiven Klebeverhalten beteiligt sein müssen (Habenicht 1986, S. 165).

Neben der beschriebenen mechanischen Adhäsion wird heute auch der Begriff der *spezifischen Adhäsion* verwendet, unter welchem die chemischen und physikalischen Faktoren der Adhäsion zusammengefasst sind. Es handelt sich hierbei um alle auf Haupt- oder Nebenvalenzkräften beruhenden Haftmechanismen. Die Valenzkräfte besitzen eine Reichweite von ca. 0,3 bis 0,5 nm und sind somit van-der-Waals-Kräfte bzw. Dipol-Dipol-Wechselwirkungen. Aber auch Hauptvalenzbindungen sind möglich. Dazu müssen jedoch chemisch reaktive Stellen erzeugt bzw. freigelegt werden, was entweder chemisch oder mechanisch erfolgen kann. In diesem Falle spricht man auch von Chemisorption,<sup>115</sup> die als stärkste Kraft zwischen Klebstoff und Füge­teiler­fläche gilt (Falbe, Regnitz 1995, S. 55).

Im Gegensatz zur Adhäsion beschreibt der Begriff der *Kohäsion* die innere Festigkeit eines Stoffes, die auf den Anziehungskräften zwischen gleichartigen Atomen beruht. Auch hier spielen Haupt- und Nebenvalenzbindungen die entscheidende Rolle. Teilweise sind aber insbesondere bei Thermoplasten auch mechanische Verklammerungen linearer Polymerstränge zu erwähnen (Falbe, Regnitz 1995, S. 2275).

---

<sup>115</sup> Die Chemisorption verläuft in der Regel exotherm (negatives  $\Delta H$ ), da ein spontaner Prozess ein negatives  $\Delta G$  verlangt, bei der Adsorption die Bewegungsfreiheit des Adsorbats (Klebstoff) aber verringert wird (negatives  $\Delta S$ ). Es gilt  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ . Ausnahmen sind möglich, wenn das Adsorbat dissoziiert und auf der Oberfläche des Füge­teils sehr beweglich ist (Atkins 1990, S. 792).

Ein bestimmender Faktor der Kohäsionsfestigkeit ist das Molekulargewicht des Klebstoffpolymers. Erst oberhalb eines bestimmten Polymergrades, der bei ca. 50-100 aneinander gelagerten Polymeren liegt, lassen sich relevante Kohäsionseigenschaften beobachten. Die Molekulargewichte der Polymere liegen je nach Größenordnung des Basispolymers bei ca.  $1000-1000000\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ . (Habenicht 1986, S. 58).<sup>116</sup>

Im Falle des vorliegenden Stärkeklebers kommen beide Phänomene zum Tragen. Neben der mechanischen Adhäsion, die insbesondere beim Verkleben poröser Füge­teile eine Rolle spielt, beeinflusst auch die Kohäsion zwischen den großen Amylose- und Amylopektinmolekülen die Klebeigenschaften. Letztere wird mit der auf Wasserentzug beruhenden zunehmenden Erstarrung des Klebers immer größer.

Kleber auf Stärkebasis verkeimen schnell und beginnen nach wenigen Tagen zu schimmeln, so dass Sorbinsäure (2,4-Hexandisäure;  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_2$ ) als Konservierungsstoff zugefügt wird. Da Sorbinsäure als Lebensmittelzusatzstoff zugelassen ist, wird sie als unbedenklich für die Versuchsdurchführung eingestuft.

*Gefahrenhinweise / R- und S-Sätze:*

Sorbinsäure: Xi; R 36/37; S 22-24/25



#### **Versuch 4: Herstellung von Bioalkohol**

*Materialien:*

600 ml Becherglas, 100 ml Becherglas, 1000 ml Rundkolben, Wasserkocher, Gärröhrchen, durchbohrter Stopfen, Thermometer, 2 Wägeschälchen, Spatellöffel, Rührstab

*Chemikalien / Stoffe:*

5 g Kartoffelstärke, 2 g Diastase, 1 Spatellöffel Backhefe, Kalkwasser, Wasser

---

<sup>116</sup> Das entspricht der Größenordnung von Amylose und Amylopektin mit ihren Molekulargewichten von ca.  $150000-2000000\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

#### *Versuchsdurchführung:*

Man füllt 350 ml kochendes Wasser in ein 600 ml Becherglas. Anschließend gibt man die in ca. 100 ml kaltem Wasser angerührte Kartoffelstärke nach und nach hinzu. Durch Zugabe von ca. 150 ml Eiswasser wird die Mischung auf eine Temperatur von 40° C abgekühlt. Die Diastase wird eingerührt und das Becherglas wird in einen Trockenschrank gestellt, dessen Temperatur auf maximal 40° C eingestellt ist.

Nach ca. 20 min wird das Becherglas aus dem Trockenschrank entnommen und ein Spatellöffel Backhefe eingerührt. Man füllt die Mischung in einen Rundkolben und verschließt diesen durch ein mit Kalkwasser befülltes Gärröhrchen. Der Gäransatz bleibt abschließend ca. 10 Tage stehen.<sup>117</sup>

#### *Beobachtung:*

Nach der Entnahme des Gemisches aus dem Trockenschrank lässt sich ein Rückgang der anfänglichen Trübung beobachten.

Füllt man das Gemisch wie beschrieben in den Rundkolben und lässt diesen über einen längeren Zeitraum stehen, tritt eine Trübung des Kalkwassers ein.

#### *Erklärung:*

Die schlecht lösliche Stärke wird durch Einrühren in heißes Wasser in ihre Amyloseeinheiten aufgetrennt. Durch die Zugabe des Enzyms Diastase werden diese Amyloseeinheiten hydrolytisch in Maltosemoleküle (Maltose als Disaccharid der Glucose) aufgespalten.

Diastase gehört zu den  $\alpha$ -Amylasen, die sich allgemein im Speichel oder in den Verdauungsorganen von Mensch und Tier finden lassen, aber auch in Malz, Bakterien oder Pilzen vorhanden sind. Zu der Enzymgruppe der Hydrolasen gehörend, vermögen sie Stärke in Maltose oder Glucose abzubauen. Bei diesem Prozess wird die Addition der Bestandteile des Wassers an die Bindungen, durch welche die Monomere miteinander verbunden sind, katalysiert (Lehninger et al. 1998, S. 113f).

Da Diastase als  $\alpha$ -Amylase ein Temperaturoptimum von ungefähr 40° C hat, ist auf eine Einhaltung dieser Temperatur zu achten, da ansonsten das Enzym deaktiviert wird. Eine hydrolytische Spaltung zu Glucose ist durch die Zugabe von Diastase allein nicht zu

---

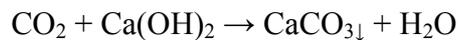
<sup>117</sup> Bei der Versuchsdurchführung im *teutolab* wird der Gäransatz für zukünftige Schülergruppen hergestellt, während die besuchende Klasse Gäransätze der Vorgänger erhält.

### 3. Methodik

erreichen. Aus diesem Grund wird Hefe zugesetzt, die unter Luftabschluss Maltose in Glucoseeinheiten spaltet und diese anschließend zu Alkohol vergärt. Dieser Prozess findet nur unter Luftabschluss (anaerob) statt. Die vereinfachte Reaktionsgleichung des Prozesses lautet:



Die Bildung von Kohlenstoffdioxid wird durch die Trübung des Kalkwassers (Bildung von Calciumcarbonat) im Gärröhrchen angezeigt, gemäß der Reaktionsgleichung:



Der Gärungsprozess verläuft nach einem komplizierteren Mechanismus als oben geschildert ab. In ihm spielen verschiedene Enzyme wie z.B. Hexokinase, Phosphofruktokinase, Enolase, die alle durch die Hefekulturen bereitgestellt werden, eine entscheidende katalytische Rolle.

Der Gärungsprozess beginnt mit der enzymatischen Phosphorylierung der Glucose zu den Phosphosäureestern, deren letzter enzymatisch gespalten wird. Die Prozesse laufen entsprechend der Glycolyse ab. Die nachfolgenden Reaktionsschritte bis zur Darstellung von Ethanol laufen nach dem folgenden Reaktionsmechanismus ab (Falbe & Regnitz 1995, S. 1245), das in Abb. 17 dargestellt ist:

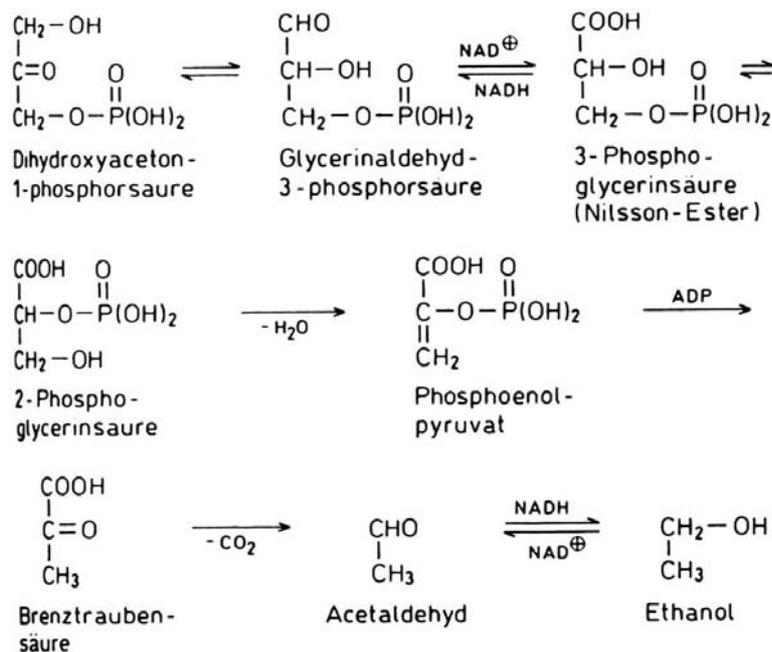


Abb. 17: Mechanismus der Ethanolbildung beim Gärprozess

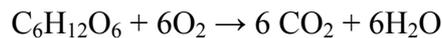
### 3. Methodik

---

Ist durch den Gärprozess eine Ethanolkonzentration von ca. 12-15% erreicht, bricht der Gärvorgang ab, da die Hefezellen bei dieser Konzentration zerstört werden.

Findet die Glucoseumsetzung nicht unter Luftabschluss statt, entsteht nicht Ethanol, sondern die Reaktion führt zur Bildung von Kohlenstoffdioxid und Wasser.

Der aerobe Prozess des Glucoseabbaus folgt der vereinfachten Reaktionsgleichung:



*Gefahrenhinweise / R- und S-Sätze:*

Diastase: Xn; R 36-42; S 22-24-45



Xn

Kalkwasser: Xi; R 41; S 22-24-26-39



Xi

#### **Versuch 5: Destillation von Bioalkohol**

*Materialien:*

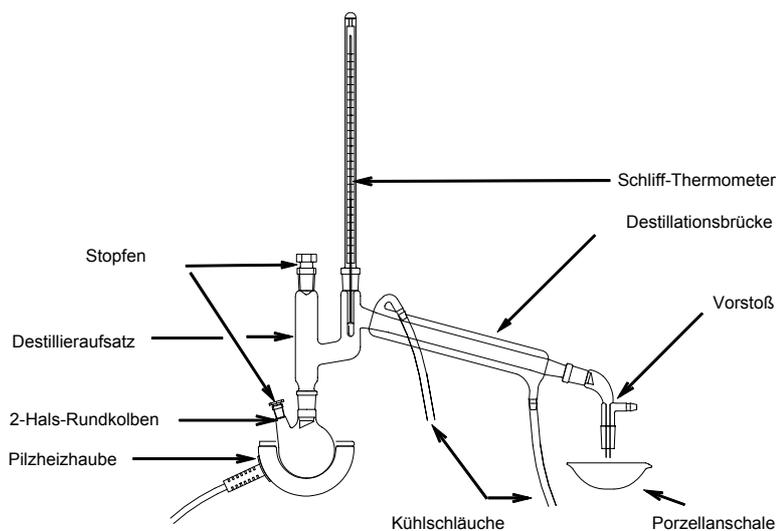
Pilzheizhaube, 100 ml 2-Hals-Rundkolben NS 14, 2 Stopfen NS 14, Destillieraufsatz NS 14, Schliff-Thermometer NS 14, Destillationsbrücke NS 14, 2 Kühlschläuche, Vorstoß NS 14, einige Siedesteinchen, 4 Drahtklemmen für NS 14, Feuerzeug, 2 Porzellanschalen, Kolbenhub-Pipette

*Chemikalien / Stoffe:*

Gäransatz aus Versuch 4: Herstellung von Bioalkohol

*Versuchsdurchführung:*

Die Destillationsapparatur wird gemäß der nachfolgenden Zeichnung aufgebaut (vgl. Abb. 18).



**Abb. 18: Aufbau einer Destillationsapparatur**

Mit der Kolbenhub-Pipette werden 50 ml Flüssigkeit der oberen Phase abgenommen und in den 2-Hals-Rundkolben gefüllt. Einige Siedesteinchen werden hinzugegeben und die Apparatur wird mit einem Stopfen verschlossen. Man stellt die Pilzheizhaube an und beobachtet die Vorgänge in der Versuchsapparatur.

Die ersten Tropfen, die bei der Destillation entstehen, werden mit einem Porzellanschälchen aufgefangen und man führt einen Test auf Brennbarkeit durch.

*Beobachtung:*

Bei einer Temperatur von ca. 80° C bilden sich erste Tropfen in der Destillationsbrücke, die in einem Porzellanschälchen aufgefangen werden. Der durchgeführte Test auf Brennbarkeit verläuft positiv. Die Flüssigkeit verbrennt mit blassblauer Flamme.

Nach einiger Zeit steigt die zur Tropfenbildung benötigte Temperatur an. Die nun entstehenden Tropfen werden gesondert auf einem Porzellanschälchen aufgefangen. Bei einer Temperatur von 100° C endet der Destillationsvorgang. Ein zweiter Test auf Brennbarkeit verläuft jetzt negativ.

*Erklärung:*

Der positiv verlaufene erste Test auf Brennbarkeit weist den durch Gärung entstandenen Ethylalkohol als erste Fraktion des Destillationsvorgangs nach (Sdp: 78° C). Der Verbrennungsvorgang verläuft gemäß folgender Gleichung:



Bei zunehmender Temperatur des Destillationsvorgangs entsteht ein Alkohol / Wassergemisch als zweite Fraktion. Die in dieser Mischung enthaltene Alkoholkonzentration reicht jedoch zum Entzünden nicht mehr aus, wie der negativ verlaufende zweite Test auf Brennbarkeit zeigt.

*Gefahrenhinweise / R- und S-Sätze:*

Ethanol: F; R 11; S 7-16



***Versuchsanleitungen***

Zu allen fünf beschriebenen Teilversuchen existieren entsprechende Versuchsanleitungen für die Schüler. Um die Durchführung für die Schüler weiterhin zu vereinfachen, sind auch bildliche Elemente in den Vorschriften aufgeführt, welche die einzelnen Arbeitsschritte des Versuchsablaufs und die dafür benötigten Materialien und Geräte visualisieren. Tiefgehende Kenntnisse der Schüler über typische Laborgeräte und des korrekten Umgangs mit ihnen können nicht vorausgesetzt werden, da experimentelle Schülerarbeiten im Chemieunterricht nicht an allen Schulen obligatorisch sind.

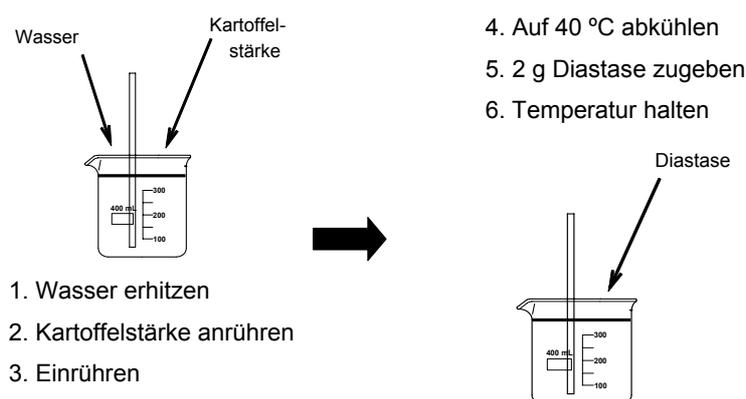
Für die Interventionsstudie wurden die Versuchsvorschriften den beiden geplanten unterschiedlichen Vermittlungsarten angepasst. Bei der animistischen Versuchsvorschrift wurden chemische Fachbegriffe entfernt und wenn möglich durch animistische Begriffe ersetzt. Weiterhin wurden bildliche Animismen eingegliedert, die einerseits den Schülern die Durchführung der Experimente erleichtern, andererseits erste Erklärungen zur Funktionsweise der eingesetzten Chemikalien liefern sollten.

Beispielsweise wurden Chemikalien, die bei den Versuchen eine Trennungsfunktion hatten, durch Handwerker oder Bauarbeiter dargestellt. Durch diese, einen körperlichen Bezug herstellende Graphiken, sollte den Schülern klar gemacht werden, dass sich diese Chemikalien wie Arbeiter verhalten, die eine bestimmte Aufgabe während des chemischen Prozesses erfüllen. Ähnlich wie Handwerker ihr Arbeitsmaterial für nachfolgende Prozesse bearbeiten, verändern z.B. auch Enzyme Ausgangsstoffe für nachfolgende chemische Prozesse.

Die naturwissenschaftlich-objektiven Versuchsvorschriften waren durch chemische Fachbegriffe gekennzeichnet, die im Anfangsunterricht Chemie obligatorisch sind. Auch Zeichnungen, welche die benutzten Geräte und den Umgang mit ihnen zeigen, wurden verstärkt eingefügt. Die Originalvorschriften mussten kaum verändert werden, da sie die geforderten Eigenschaften nahezu erfüllten.

Die nachfolgenden Beispiele sollen verdeutlichen, wodurch sich die beiden unterschiedlichen Versionen der Versuchsanleitungen unterscheiden haben. Beide Beispiele gehören zu dem Versuch *Herstellung von Bioalkohol*.<sup>118</sup> In dem dargestellten Versuchsschritt wird Diastase zu einer Stärkelösung gegeben, um eine Spaltung der Stärkemoleküle in Maltoseeinheiten zu bewirken.

In der naturwissenschaftlich-objektiven Anleitung ist dieser Arbeitsschritt in üblicher Form dargestellt (Abb. 19), wie man es aus vielen Laborvorschriften oder Schulbüchern kennt:



**Abb. 19:** In naturwissenschaftlich-objektiven Anleitungen häufig verwendete Darstellung des Arbeitsschrittes *Einrühren in eine Flüssigkeit*

---

<sup>118</sup> In den anderen in dieser Studie benutzen Versuchsanleitungen gibt es ähnliche graphische Elemente.

In der animistischen Anleitung ist die Diastase personifiziert und als Bauarbeiter dargestellt (Abb. 20). Dadurch soll den Schülern verdeutlicht werden, dass der Diastase eine „helfende“ Funktion in dem Versuch zukommt. Dieser Sachverhalt wird bei der Versuchsdurchführung zusätzlich von den studentischen Hilfskräften erwähnt. In der animistischen Anleitung stellt sich der Arbeitsschritt folglich so dar:

5. Rühre die Diastase (wird aus keimender Gerste gewonnen) ein.



**Abb. 20:** Animistische Darstellung des Arbeitsschrittes *Einrühren der Diastase*

#### ***Schulung der studentischen Hilfskräfte***

Die Schulung der studentischen Hilfskräfte, welche die Schüler während ihres Besuchs betreuten, stand im Zentrum der Vorbereitungen.

Bei der animistischen Vermittlung sollten sie auf chemische Fachbegriffe und Formalismen möglichst verzichten. Vielmehr sollten die chemischen Prozesse und Eigenschaften sowie die Phänomene der unbelebten Natur beseelt werden bzw. es sollte ein körperlicher Bezug zu ihnen hergestellt werden. Da dieses analogiebildend geschehen sollte, wurde versucht, die Konzepte und Vorerfahrungen der Schüler zu berücksichtigen. Weiterhin wurde darauf geachtet, dass die verwendeten Modelle die zu erklärenden Phänomene didaktisch reduziert fachlich korrekt wiedergeben.

Den studentischen Hilfskräften sollte ihr fachwissenschaftlicher Wissensvorsprung gegenüber den Schülern bewusst sein, und sie sollten ihn bei den Versuchserklärungen berücksichtigen. Ebenso sollte sowohl auf das Alter der Schüler als auch auf ihren Soziolekt Rücksicht genommen werden. Da die studentischen Hilfskräfte maximal ca. 25 Jahre alt waren, stellte sich allgemein schnell eine symmetrische Kommunikationsstruktur ein, sofern die Kommunikation nicht durch fachliche Aspekte geprägt war. Zahlrei-

che private Unterhaltungen zwischen studentischen Hilfskräften und Schülern am Rande des Experimentierens dienen hier als Indikator.

Bei der naturwissenschaftlich-objektiven Vermittlung wurden die für den Anfangsunterricht Chemie üblichen Fachtermini, Modelle und Formalismen verstärkt verwendet. Chemische Prozesse sollten dabei möglichst objektiv beschrieben werden. Da die Schüler noch dem Anfangsunterricht Chemie zuzuordnen waren, verfügten sie nur über ein geringes Vorwissen. Die fachsprachlichen Begriffe, die den Schülern geläufig sein sollten, wurden durch eine Analyse verschiedener Schulbücher der Sekundarstufe I erhalten.<sup>119</sup> Fünf Bereiche kristallisierten sich bei dieser Analyse heraus, in denen die Schüler ein Vorwissen auch schon nach ca. einem halben Jahr Chemieunterricht haben dürften. Diese Bereiche sind (aufgeführt mit einigen Beispielen):

- A) Stoffeigenschaften: *Dichte, Metall, Nichtmetall, Aggregatzustände, Löslichkeit, elektrische Leitfähigkeit*
- B) Stofftrennung: *Filtrieren, Destillieren, Lösung, Lösungsmittel, Gemisch, Chromatographie*
- C) Reaktion: *Aktivierungsenergie, Verbindung, exotherm, endotherm, Reduktion, Oxidation, Redoxreaktion*
- D) Säuren und ihre Eigenschaften: *Protonendonator*
- E) Laugen und ihre Eigenschaften: *Protonenakzeptor*

Weiterhin wurde eine Lehrplananalyse des Landes Nordrhein-Westfalen der Jahrgangsstufen 7 und 8 der Sekundarstufe I über alle Schulformen durchgeführt, um die so erhaltenen Erkenntnisse mit den Themenfeldern der Schulbücher abzugleichen und zu bestätigen.

Die nachfolgende Tabelle (Tab. 1) gibt die Ergebnisse der Lehrplananalyse wieder. Wie zu erkennen ist, liefern die Analysen der Schulbücher und die Analysen der Lehrpläne gute Übereinstimmungen.

Obwohl durch diese Analysen das potenzielle Vorwissen der Schüler ermittelt wurde, ist anzunehmen, dass nicht alle Schüler über das gleiche Vorwissen verfügen.

---

<sup>119</sup> Balldauf et al. 1991a, 1991b; Jäkel & Risch (Hg.) 1993; Fichtner, Liening & Thomas 1994; Blume et al. 1994a, 1994b, 1998a, 1998b; Hauschild et al. 1998; Heepmann et al. 1999, 2000.

Schulform	Themenkreis	Fachbegriffe
Hauptschule	Luft und Verbrennung	Gase, Oxide,
	Metalle	Oxidation, Reduktion, Ion, Atom, Korrosion, Elektrolyse, Legierung, Elektrode
	Säuren, Laugen, Salze	pH-Wert, Indikator, alkalisch, sauer, Neutralisation, Kristallisation
Realschule	Stoffe und Eigenschaften	Löslichkeit, Dichte, Reinstoffe, Gemische, Siede- und Schmelztemperatur
	Teilchenvorstellung	Aggregatzustände, Daltons Atomvorstellung
	Chemische Reaktionen	Oxidation, Reduktion, exotherm, endotherm, Redoxreaktion
	Säuren, Laugen, Salze	Saure und alkalische Lösungen, pH-Wert, Neutralisation
Gesamtschule	Stoffe	Aggregatzustände, Dissoziation, Teilchenkonzept, Schmelz- und Siedepunkt, Löslichkeit
	Reaktionen	Oxidation, Reduktion, Redoxreaktion, Analyse, Synthese, Säuren, Laugen, Salze
	Modelle und Strukturen	Atommodell, Molekül, Ion
	Chemie im Alltag	Schwermetalle, Kontaminieren, Nitrate
Gymnasium	Stoffe und Stoffeigenschaften	Löslichkeit, Dichte, Reinstoffe, Gemische, Siede- und Schmelztemperatur
	Teilchenvorstellung	Aggregatzustände, Lösungsvorgänge, Diffusion
	Lösungen	Wasserhärte, Massenkonzentration
	Chemische Reaktionen	Analyse, Synthese, exotherm, endotherm
	Luft und Verbrennung	Oxidation, Oxide
	Metalle	Reduktion, Redoxreaktion, edles und unedles Metall

**Tab. 1: Lehrplananalyse für die Jahrgangsstufen 7 und 8 über alle Schulformen**

Vielmehr ist dieses von vielen Faktoren abhängig, wie z.B. die inhaltliche Gestaltung des Unterrichts durch die jeweilige Lehrkraft, Ausstattung der Fachräume an den Schulen und die damit einhergehenden experimentellen Möglichkeiten, Fachkenntnisse der Lehrkraft und ihr methodisch-didaktisches Vorgehen sowie Lernklima und soziokulturelle Voraussetzungen in den Klassen. Diese Auflistung ist nicht vollständig, verdeutlicht jedoch die Schwierigkeiten, ohne eine explizite methodische Erfassung des Vorwissens auf dieses rückschließen zu wollen. Das Vorwissen wurde jedoch nicht durch eine Vorevaluation ermittelt, da eine allgemeine Erfassung mit der erwähnten Methode als ausreichend erschien. Auch hätte sich eine Erfassung des Vorwissens störend auf die Hauptuntersuchung auswirken können, da eventuell die Schüler nicht unvoreingenommen der Intervention begegnet wären.

Die studentischen Hilfskräfte mussten somit durch ständige Befragungen der Schüler bekannte Begriffe ermitteln und unbekannte Begriffe und die damit verbundenen Verständnisschwierigkeiten aufklären.

Anhand der nachfolgenden Beispiele sollen die Unterschiede in den beiden Vermittlungsarten deutlich gemacht werden. Es geht in diesem Falle um die Aufspaltung von Amylopektin durch Säurezugabe zu einer wässrigen Lösung und der anschließenden Erwärmung. Die naturwissenschaftlich-objektive Erklärung des Phänomens lautet ungefähr folgendermaßen:

„Amylopektin ist in Wasser unlöslich. Um es zu trennen, gibt man Säure hinzu. Unter normalen Bedingungen reagieren Säure und Amylopektin jedoch nicht. Um sie zur Reaktion zu bringen, muss Energie zugeführt werden. Das geschieht durch Erwärmen der Lösung.“

Animistisch lautet die Erklärung hingegen:

„Stärke besteht aus großen, verworrenen Teilchen, die man auch Amylopektin nennt. Diese Teilchen müssen aufgetrennt werden, wozu Säure zugeführt wird. Die Zugabe von Säure reicht jedoch nicht aus, da Säure und Stärke bei Zimmertemperatur reaktionsträge oder besser gesagt faul sind. Man kann das mit Arbeitern oder Sportlern vergleichen: Wenn sie keine Kraft mehr zum Arbeiten haben, müssen sie was essen. Erst dann können sie weiter machen. Und wie kriegen wir Säure und Amylopektin auf Trapp? Wir erwärmen die Teilchen, um sie dazu zu bringen, dass sie miteinander reagieren.“

#### **3.3.2 Intervention im *teutolab* der Universität Bielefeld**

Nach den Vorbereitungen der Intervention kam es zum Besuch der Schulklassen. Insgesamt wurden im Rahmen der Untersuchung 14 Schulklassen der Jahrgangsstufen 7 und 8 aus Bielefeld und Umgebung eingeladen. Es waren alle Schulformen vertreten, wobei die Klassenstärke zwischen 22 und 33 Schülern variierte.

##### ***Gruppeneinteilung***

Die Schulklassen wurden in drei Großgruppen von 6-10 Schülern eingeteilt, da an jedem Vormittag drei Teilversuche einer Versuchsreihe parallel durchgeführt wurden (vgl. Kap. 3.2). Die drei Großgruppen wurden wiederum in Kleingruppen eingeteilt, so dass zwei bis drei Schüler gemeinsam ein Experiment durchführen konnten.

Da die Untersuchung als Interventionsstudie angelegt wurde, erhielten die Großgruppen unterschiedliche Vermittlungsarten, entweder eine animistische oder eine naturwissenschaftlich-objektive Vermittlung. Die dritte Gruppe wurde oftmals von einer Hilfskraft

unterwiesen, die als „Springer“ für erkrankte Hilfskräfte fungierte und nicht in den Techniken der verschiedenen Vermittlungsarten geschult war. Weiterhin wurden in dieser Gruppe die Schüler zusammengefasst, die nicht mit einer Aufzeichnung ihrer Aktivitäten auf Video einverstanden waren. Diese Schülergruppe erhielt keine gesonderte sondern die ursprüngliche Vermittlung und durfte nicht gefilmt werden. In der nachfolgenden Interviewstudie wurden diese Schüler nicht berücksichtigt.

Da die Interviews nur mit der geringen Stichprobe von 22 Schülern durchgeführt wurden, standen aus den anderen beiden Gruppen ausreichend Schüler zur Verfügung, die sich freiwillig an der Interviewstudie beteiligten.

#### ***Videostudie***

Die Videostudie wurde konzipiert, um durch die gewonnen Videographien einen ersten Eindruck der Wirkungsweise der unterschiedlichen Vermittlungsarten zu erhalten. Es sollte erfasst werden, ob sich in den Ausführungen der Schüler zu den naturwissenschaftlichen Phänomenen animistische Erklärungsansätze finden lassen und welche möglichen Ursachen eventuell auftretende Verständnisschwierigkeiten haben könnten. Weiterhin sollte untersucht werden, wie das *teutolab* und die unterschiedlichen Vermittlungsmethoden die Schüler motivational beeinflussen.

Die Videographien wurden mit sieben Kameras<sup>120</sup> erstellt. Sechs dieser Kameras waren fest installiert und mit zwei zusätzlichen Mikrofonen<sup>121</sup> ausgestattet. Eine Kamera diente als Handkamera und war somit flexibel einsetzbar.

Verschiedene Probleme machten eine ergiebige Analyse der Videographien jedoch nicht möglich, so dass nur geringe Erkenntnisse gewonnen werden konnten.

Ein gravierendes Problem lag im Bereich der Technik. Da das *teutolab* der Universität Bielefeld ein Großraumlabor ist, in dem die Schülergruppen parallel und nicht abgeschirmt arbeiten, entstand während der Aufzeichnungen ein Geräuschpegel, der eine Differenzierung der Schüleräußerungen nur in Ausnahmen zuließ. Ständige, durch die Mikrophone verursachte Interferenzen erschwerten weiterhin eine genauere Analyse. Diese technischen Probleme konnten auch mit Hilfe der elektromechanischen Werkstatt der Universität Bielefeld nicht behoben werden. Ebenso war ein Umbau des *teutolabs* in

---

<sup>120</sup> Modell: *Sony Digital Handycam DCR-TRV 235E*

<sup>121</sup> Modell: *Vivanco EM 39*

mehrere kleinere und abgeschirmte Labore und Arbeitsplätze aus organisatorischen Gründen nicht möglich.

Weiterhin zeigten die einzelnen Schüleräußerungen, die sich dennoch differenzieren ließen, nicht die erhofften Ergebnisse. Inhaltlich war die Schüler-Schüler-Kommunikation verstärkt durch private Inhalte gekennzeichnet. Über die chemischen Phänomene und ihre naturwissenschaftliche Deutung wurde hingegen nicht diskutiert. „Fachliche“ Unterhaltungen betrafen nur die korrekte Durchführung der Experimente oder zielten auf die Arbeitsanweisungen untereinander. Tiefergehende Erkenntnisse konnten daher aus den Schüler-Schüler-Kommunikationen nicht gewonnen werden.

Und schließlich stellte sich die fachliche Schüler-Hilfskraft-Kommunikation, die ebenfalls im Fokus der Videostudie stand, als sehr asymmetrisch dar. Die Schüler hatten im Verhältnis zu den studentischen Hilfskräften einen deutlich geringeren Redeanteil, was unter anderem auf die Gesprächsinhalte zurückzuführen ist. Die Schüler stellten nahezu nur Sicherheitsnachfragen bezüglich des korrekten Experimentierens, die von den studentischen Hilfskräften ausführlich beantwortet wurden. Deutungen der naturwissenschaftlichen Phänomene wurden von den studentischen Hilfskräften zwar wiederholt erfragt, jedoch seitens der Schüler nicht beantwortet. Sämtliche Deutungen und Erklärungen wurden somit durch die studentischen Hilfskräfte geleistet.

Die drei aufgeführten Probleme ließen die Videostudie in den Hintergrund treten. Infolgedessen wurde der Schwerpunkt der Interventionsanalyse auf die Interviewstudie gelegt, die durch halbstrukturierte Interviews gekennzeichnet war und ca. vier Monate nach dem *teutolab*-Besuch der Klassen stattfand.

#### **3.3.3 Interviewstudie im Nachfeld der Intervention**

Aus den theoretischen Überlegungen geht hervor, dass die Untersuchung sowohl kognitionspsychologisch als auch emotional-affektiv ausgerichtet sein sollte. Die Probanden sollen folglich einerseits Erkenntnisse hinsichtlich der kognitiven Verarbeitung der Situation liefern, andererseits auch Erkenntnisse bezüglich ihres affektiv-emotionalen Empfindens in der Situation.

Der Begriff affektiv-emotional wird in der vorliegenden Arbeit verwendet, da eine strikte Trennung des Begriffspaares nicht möglich ist. Auch in der Psychologie wird über

eine potenzielle Abgrenzung dieser Begriffe diskutiert, ohne jedoch eine eindeutige inhaltliche Trennung zu erzielen.

Unter Affekt wird eng gefasst ein intensives, relativ kurz andauerndes Gefühl verstanden, etwas weiter gefasst aber jede emotionale Regung. Einhergehend mit Affekten sind jedoch immer äußere Begleiterscheinungen, oft als starke Ausdrucksbewegungen. Allgemein spricht man in diesem Zusammenhang von peripherenervöser Bewegung bei zentralnervöser Erregung (Dorsch 1998, S. 9). Nach Drever sind Affekte eng mit Vorstellungen oder Vorstellungskomplexen verbunden (Fröhlich 2000, S. 40). Meist werden Affekte jedoch als Facette der Emotionen verstanden und eng konnotiert.

Emotion wird als allgemeinere und umfassendere Bezeichnung für psychophysiologische Zustandsänderungen begriffen, die durch äußere Reize (Sinnesempfindungen), innere Reize (Körperempfindungen) oder kognitive Prozesse (Bewertungen oder Vorstellungen) hervorgerufen werden (Fröhlich 2000, S. 40). Emotion kann somit als Inbegriff reiz- bzw. situationsspezifischer Erregung verstanden werden. Unter den verschiedenen Emotionstheorien erscheinen im Rahmen dieser Untersuchung insbesondere die erlebnisdeskriptiven Ansätze relevant.

Erlebnisdeskriptive Ansätze gehen allgemein von einer Gefühlsklassifikation im Situations- und Bedürfnisbezug aus (Fröhlich 2000, S. 118). Dabei wird zwischen einfachen oder Primärgefühlen und komplexen Gefühlen unterschieden. Erstere umfassen alle Gefühle, die auf Sinnesempfindungen, Körperempfindungen, Aktivitäts- oder Tätigkeitsempfindungen und konkreten Bedürfnissen beruhen, wie z.B. körperliches Wohlbefinden, Entspannung bei konzentrierter Tätigkeit oder Lust bzw. Unlust und Wut beim Versagen. Letztere umfassen dagegen eher Erwartungen, Vorstellungen und Einstellungen, die auf breite Situationsklassen projiziert werden. Hier lassen sich als Beispiele Hoffungen und Zweifel bezüglich Erfolg, Selbstzufriedenheit mit Geleistetem oder Zuneigung bzw. Abneigung gegenüber bestimmten Tätigkeiten zusammenfassen.

Die kurzen Ausführungen zu Affekt und Emotion sollen die Schwierigkeiten einer Abgrenzung verdeutlichen. Aus diesem Grunde, und da beide Phänomene von Interesse sind, wird im weiteren Verlauf der Arbeit der Begriff *affektiv-emotional* verwendet.<sup>122</sup>

---

<sup>122</sup> Lück (2000) verwendet dieses Begriffspaar ebenfalls, um mit *affektiv* die kurzfristigen Stimmungsreaktionen anzusprechen und mit *emotional* die länger andauernden Gefühle zu berücksichtigen.

Aus den Ausführungen Mayrings et al. zur qualitativen Forschung ergibt sich für die Interviewstudie ein klar umrissenes Vorgehen, das sich an das obenstehende Schema anlehnt (vgl. Abb. 13).

Im Vorfeld der eigentlichen qualitativen Analyse steht die Phase der Datenerhebung. Für die geplante Interviewstudie folgt daraus, dass als Erhebungsinstrumentarium ein Interviewleitfaden entwickelt werden musste. Hopf (2000) verdeutlicht in diesem Zusammenhang die Relevanz einer sorgfältigen Planung des Interviewleitfadens. Oftmals wird das Verhältnis von Informationsinteressen und zur Verfügung stehender Zeit falsch eingeschätzt, wodurch überlange Interviewleitfäden entstehen. Daraus folgen Zeitnot während des Interviews und eine damit einhergehende „Leitfadenbürokratie“, worunter man die Tendenz zu einem oberflächlichen Abhaken der Fragen versteht (Hopf 2000, S. 358).

Basierend auf den theoretischen Überlegungen (vgl. Kapitel 2.4) und eigenen Beobachtungen des *teutolab*-Betriebes ergaben sich fünf zentrale Fragebereiche für den Interviewleitfaden. Diese sind wiederum durch verschiedene, halbstrukturierte Fragen gekennzeichnet. Die zentralen Fragebereiche sind im einzelnen

- die Erinnerungsfähigkeit der Schüler,
- die Modellvorstellungen der Schüler,
- ein Bewusstsein der Schüler hinsichtlich eines Unterschiedes zwischen Fachsprache und Sprache der Vermittlung in Schule und *teutolab*,
- die Beurteilung der schriftlichen Anleitungen und
- die Beurteilung der mündlichen Vermittlung.

Um weiterhin das *teutolab* mit dem schulischen Chemieunterricht vergleichen zu können sowie einen Überblick über die Interessen und Fähigkeiten der Schüler zu erhalten, wurden diese ferner in folgenden Bereichen befragt:

- Beurteilung der eigenen naturwissenschaftlichen Kompetenz
- Beurteilung der eigenen sprachlichen Kompetenz
- Bewertung des Chemieunterrichts

Üblicherweise sind Interviewleitfäden so konzipiert, dass jeder Fragebereich durch eine bestimmte Anzahl weniger Hauptfragen und weiterer Detaillierungsfragen eingegrenzt ist, wodurch die Durchführung des Interviews erleichtert wird (Bortz, Döring 2002).

Durch die Hauptfragen wird der Blick eher allgemein auf die Facetten des Untersuchungsgegenstands gelenkt. Erkenntnisse hinsichtlich der Gedanken, des affektiv-emotionalen Erlebens sowie der persönlichen Bedeutung der Intervention werden durch Detaillierungsfragen erzielt.

Obwohl die Interviews dieser Studie halbstrukturiert angelegt wurden und somit einen eher offenen Charakter hatten, wurde auf diese Vorgehensweise zurückgegriffen, um in vorteilhaften Augenblicken das Geschehen auf notwendige zu untersuchende Aspekte zu lenken. Der komplette Interviewleitfaden hatte aber eher die Funktion einer Hilfestellung und wurde nicht als starres Befragungsinstrument verstanden. Er ist im Anhang dieser Arbeit aufgeführt (vgl. Kap. 7.1).

#### **3.3.3.1 Probandenauswahl**

Die Auswahl der Probanden sollte verschiedenen Kriterien genügen. Das wichtigste Kriterium war die freiwillige Teilnahme. Die Probanden sollten sich im schulischen Alltag ebenfalls nicht durch besonders gute oder schlechte Kenntnisse im Schulfach Chemie auszeichnen, um die Ergebnisse durch „Deckeneffekte“ (i.e. eine starke und eindeutige positive bzw. negative Ausrichtung in der Bewertung) möglichst nicht zu verzerren. Stellten sich mehrere Probanden in einer Klasse für die Interviewstudie zur Verfügung, so hatte der entsprechende Fachlehrer zu entscheiden, da er die Fähigkeiten seiner Schüler gut beurteilen konnte. Die Auswahlkriterien wurden ihm im Vorfeld genau erläutert.

Weiterhin sollten sowohl Probanden der animistisch unterwiesenen Gruppe als auch Probanden der naturwissenschaftlich-objektiv unterwiesenen Gruppe gleichverteilt vertreten sein. Und letztlich sollten Schüler aller Schulformen in der Interviewstudie berücksichtigt werden.

Die Probandenanzahl sollte auf ca. 20 beschränkt werden. Diese Zahl erscheint angemessen, um einerseits signifikante Ergebnisse im Gruppenvergleich zu erzielen, andererseits aber die Auswertung nicht durch eine zu hohe Fallzahl zu erschweren. Da die Auswertung inhaltsanalytisch und somit stark interpretativ angelegt ist, führt schon eine

geringfügig erhöhte Probandenanzahl zu einem großen zusätzlichen Auswertungsaufwand.

Die Auswahl der Probanden führte zu folgender Stichprobe: 12 Schüler der animistisch unterwiesenen Gruppe und 10 Schüler der naturwissenschaftlich-objektiv unterwiesenen Gruppe wurden interviewt. Weiterhin wurden zwei Schüler in der Pilotphase der Interviewstudie befragt, die der Leitfadenerprobung und Interviewerschulung diene. Diese Interviews fanden in der anschließenden Auswertung keine Berücksichtigung, da sowohl der Interviewleitfaden nachträglich optimiert werden musste, als auch der Interviewer anfänglich noch Unsicherheiten im Interview zeigte.

Es wurden weiterhin Schüler aller Schulformen berücksichtigt: zwei Gesamtschulen (August-Hermann-Francke-Schule Detmold, Martin-Niemöller-Gesamtschule Schildesche), drei Gymnasien (Freiherr-vom-Stein-Gymnasium Bünde, Gymnasium Am Waldhof Bielefeld, Kreisgymnasium Halle), zwei Hauptschulen (Hauptschule Heepen, Marktschule Brackwede) und drei Realschulen (Gertrud-Bäumer-Schule Bielefeld, Luisenschule Bielefeld, Realschule Heepen).

#### **3.3.3.2 Interviewdurchführung**

Die Durchführung der Interviews mit den ausgewählten Schülern fand ca. vier Monate nach der Intervention im *teutolab* statt. Die Schüler wurden an ihren jeweiligen Schulen besucht, um den organisatorischen Aufwand für sie so gering wie möglich zu halten. Eine Einladung der Schüler ins *teutolab* hätte zwar den Vorteil einer erneuten Begegnung mit den entsprechenden Räumlichkeiten gehabt, da die interviewten Schüler aber erst ca. 13 Jahre alt waren, hätten sie nicht ohne Verletzung der Aufsichtspflicht allein anreisen dürfen.

Durch die Einbettung der Interviews in das bekannte soziale Umfeld der Schule fühlten sich die Schüler relativ wohl. Da es sich bei einem Interview um eine soziale Interaktion handelt, wie Hermanns verdeutlicht, sollten beide Seiten eine stressfreie Situation erleben. Hermanns spricht in diesem Zusammenhang auch von einem „interpersonellem Drama mit einer sich entwickelnder Handlung.“ (Hermanns 2000, S. 361f). Interviews sollten demnach positiv und für beide Teilnehmerseiten angstfrei gestaltet sein.

Hermanns zählt weiterhin drei mögliche Dilemmata auf, die sich auf Seite der Interviewer ergeben können (Hermanns 2000).

Die Forderung, möglichst viele Forschungsfragen im Interview zu behandeln, aber gleichzeitig nur vage Vorgaben für eine gute Interviewdurchführung zu haben, kann zum *Dilemma der Vagheit* führen. Einerseits respektvoll dem Gesprächspartner gegenüber zu sein, andererseits aber möglichst viel Information erfragen zu wollen, fasst er unter dem Begriff des *Fairness-Dilemmas* zusammen. Und schließlich kann es zum *Dilemma der Selbstrepräsentation* kommen. Um als gleichberechtigter Gesprächspartner auf den Befragten zu wirken und eine symmetrische Gesprächsstruktur zu erreichen, kann sich der Interviewer nicht so wissend zeigen, wie er zu sein glaubt.

„Man muss als Interviewer dabei die richtige Balance halten: interessiert sein, aufmerksam sein, verstehen, Respekt zeigen und zugleich vermeiden, sich durch eigene inhaltliche Stellungnahmen selbst zu exponieren („genau wie bei mir damals“), da hierdurch ein ‚Bündnis‘ angeboten wird, das die Interviewpartnerin in gewisser Weise bindet.“ (Hermanns 2000, S. 364).

Um die genannten Dilemmata zu umgehen, wurde zu Beginn der durchgeführten Interviews eine angenehme Gesprächssituation geschaffen und die Rahmenbedingungen wurden genau erläutert. Insbesondere die Notwendigkeit der Recordernutzung wurde den Probanden dargelegt, da oftmals in Interviewstudien ein Vorbehalt gegenüber technischen Aufzeichnungsgeräten beobachtet wird. Die Probanden sollten sich durch den Recorder möglichst unbeeindruckt zeigen und zur Beantwortung der Fragen ihre Alltagssprache nutzen.

Weiterhin wurde darauf hingewiesen, dass sämtliche Äußerungen der Schüler vertraulich behandelt würden und somit keine schulischen Konsequenzen zu befürchten seien. Es wurde an die Ehrlichkeit der Probanden appelliert, um sozial erwünschte Antworten zu vermeiden. Bei allen für diese Studie berücksichtigten Interviews besteht der Eindruck, dass die Probanden die Rahmenbedingungen verstanden haben und dass sie mit diesen einverstanden waren.

Der Beginn des Interviews war durch eine offene Einführungsfrage gekennzeichnet. Es sollte sich ganz allgemein an den Vormittag im *teutolab* erinnert werden. Dieser Beginn des Interviews war geeignet, um später problemlos auf die wesentlichen Forschungsfragen überzuleiten. So konnte mit Hilfe der ersten Antworten die gewünschte Gesprächs-

richtung eingeschlagen werden, ohne den Probanden das Gefühl zu vermitteln, dass der Rest der Antworten irrelevant wäre.

Die Interviews gestalteten sich aufgrund persönlichkeitsbedingter Faktoren der Befragten teilweise sehr kompliziert. Einige Probanden mussten stärker motiviert werden, sich zu äußern, da sie eher schüchtern und in ihren Ausführungen zurückhaltend waren. Andere Probanden hingegen mussten stärker gezügelt werden, da sie sich durch ausschweifende Antworten zu weit vom Untersuchungsgegenstand entfernten. Nur so konnte die Interviewdauer auf die vorher vereinbarten 30 Minuten eingehalten werden. Eine längere Interviewdauer war nicht möglich, da einerseits durch die Vorbereitung des Interviews und den anfänglichen „small talk“ der Zeitrahmen einer Unterrichtsstunde voll ausgenutzt wurde, andererseits das Konzentrationsvermögen bei beiden Gesprächspartnern nach etwa 30 Minuten stark nachließ. Aus diesem Grund war das Gesprächsende wiederum durch eher allgemeine Fragen gekennzeichnet und hatte informellen Charakter.

#### **3.3.3.3 Aufbereitung der Interviewdaten: Transkription**

Die gewonnenen Interviewdaten wurden für die anschließende interpretative Analyse aufbereitet und mit Hilfe eines Transkriptionsgerätes<sup>123</sup> transkribiert.

Ein Transkript enthält je nach Auswertungsart nicht nur den Interviewtext, sondern kann auch prägnante Merkmale wie Pausen, Lachen, Zögern etc. verdeutlichen, wodurch der Wahl des Transkriptionsverfahrens eine zentrale Bedeutung zukommt.<sup>124</sup>

Lange Zeit galten Transkriptionsverfahren als theorieneutral. Erst seit wenigen Jahrzehnten wird deutlich, dass diese Verfahren konstruktive Prozesse und somit auch theoriegeladen sind. Durch die Reduktion der fast unbegrenzten Primärdaten (wenn man z.B. auch nichtverbale Äußerungen berücksichtigt) wird ein erster interpretativer Arbeitsschritt vollzogen (Kowal, O'Connell 2000). Im Vorfeld der Transkription muss daher die Zielsetzung analysiert werden, gefolgt von der angemessenen Wahl des Transkriptionssystems. Die Maxime einer jeden Transkription kann lauten: „Es sollten

---

<sup>123</sup> Modell: Sanyo Memo-Scriber TRC-8080

<sup>124</sup> Eine Übersicht verschiedener Transkriptionssysteme liefern Ehlich & Switalla (1976). Sie unterscheiden dabei zwischen phonetisch bzw. phonologisch orientierten Verfahren und diskursanalytisch orientierten Verfahren, die bei der Untersuchung von alltäglichen Kommunikationen u. ä. verwendet werden und die auch im Zentrum dieser Arbeit stehen.

nur solche Merkmale des Gesprächsverhaltens transkribiert werden, die auch tatsächlich analysiert werden.“ (Kowal, O’Connell 2000, S. 444).

Da in diesem Falle der Inhalt der Äußerungen im Vordergrund steht und weniger linguistische Merkmale wie z.B. phonetische oder morphemische Eigenheiten, wurde auf eine linguistisch exakte Transkriptionsgenauigkeit verzichtet. Nur die Länge der Pausen wurde zusätzlich zu den Äußerungen der Probanden in die Transkripte eingearbeitet. Folgende Transkriptionsregeln wurden nach Bortz und Döring angewendet (Bortz, Döring 2002, S. 312):

- einzeliger Text,
- Kennzeichnung der Sprecher durch Namen und Doppelpunkt,
- Kennzeichnung der Pausen durch eine unterschiedliche Anzahl von Auslassungspunkten je nach Länge der Pausen,
- Einfügen einer Leerzeile bei jedem Sprecherwechsel und
- durchgehende Nummerierung der Zeilen.

Genauere Kommentierungen der Äußerungen wie z.B. der Prosodie, auffälliger Betonungen oder Formulierungshemmungen sind im Rahmen dieses Forschungsvorhabens nicht relevant. Ebenso werden nichtverbale Verhaltensweisen wie Mimik oder Gestik während der Äußerung nicht berücksichtigt. Das hier verwendete Transkriptionssystem orientiert sich größtenteils an der Standardorthographie und somit an den Normen der geschriebenen Sprache. Im geringen Maß kommt jedoch auch die literarische Umschrift zum Einsatz, wenn z.B. einzelne Laute der gesprochenen Sprache ausgelassen sind und markiert werden (Elision) bzw. wenn aufeinanderfolgende Laute angeglichen werden (Assimilation). Auch parasprachliche Merkmale, wie z.B. Lachen oder Seufzen werden durch eine kurze Beschreibung in Klammern kenntlich gemacht (Kowal, O’Connell 2000). Die Transkriptionen sollten immer gut lesbar sein, um den Analyseprozess zu erleichtern.

#### **3.3.3.4 Auswertung der Interviews: Kategorienbildung**

Das methodologische Verfahren der Interviewauswertung folgt allgemein einer fünfstufigen Auswertungsstrategie, wie sie Schmidt zusammenfasst (Schmidt 2000).

Zu Beginn werden Auswertungskategorien gebildet. Diese *Kategorienbildung* ist einerseits theoriegeleitet und somit deduktiv. Aber auch induktiv ergeben sich während der Interviewdurchführung bzw. -analyse neue Kategorien. Dieses geschieht immer dann, wenn eine Textstelle unter eine bestimmte Kategorie nicht subsumiert werden kann und folglich eine neue Kategorie aus dem Material heraus gebildet werden muss. Die induktive Kategorienbildung nimmt in der qualitativen Forschung einen hohen Stellenwert ein, da hier nach einer möglichst naturalistischen, nicht durch Vorannahmen verzerrten Abbildung des Materials gestrebt wird (Mayring 2000, S. 75). Bei der Kategorienbildung handelt es sich um einen dynamischen Prozess und eine offene Herangehensweise ist besonders wichtig. Vergleichende Betrachtungen der Interviews sind zu diesem Zeitpunkt noch nicht angemessen, vielmehr sollten möglichst viele unterschiedliche Aspekte gesammelt werden. Auch eine Offenheit gegenüber den eigenen theoretischen Vorannahmen ist notwendig, um relevante und nicht-antizipierte Aspekte einzubeziehen.

Die Kategorien werden dann zu einem *Auswertungs- bzw. Kodierleitfaden* zusammengestellt. Häufig kommt es dabei zu einer Kategorienreduktion, indem bestimmte Kategorien unter Oberkategorien subsumiert werden. Mit Hilfe dieses Kodierleitfadens werden alle Interviews analysiert und kodiert. Das bedeutet, dass die Auswertungskategorien, die sich unter anderem aus dem Material ergeben haben, wieder auf das Material bezogen werden. Hilfreich sind bei diesem Auswertungsschritt sogenannte *Ankerbeispiele* (Mayring 2000, S. 82f). Dies sind definierte prototypische Textstellen, die in eine Kopie des Kodierleitfadens eingetragen werden. Sie dienen als vergleichende Belege, so dass andere Textstellen leichter eingeschätzt werden können. Anschließend können mit Hilfe dieser Interviewkodierungen Fallübersichten in Form von *Quantifizierungen* erstellt werden. Diese Häufigkeitsangaben sind nur ein Teil des Endergebnisses und liefern Informationen zur Datenbasis, die im fünften und letzten Auswertungsschritt die Grundlage für tiefergehende *Einzelfallanalysen* bildet. Mögliche Zusammenhänge können dann in Form von Kontingenzanalysen, wie sie für die qualitative Inhaltsanalysen typisch sind, erkannt werden.

Die im Rahmen dieser Arbeit ermittelten Kategorien sind im Anhang aufgeführt (vgl. Kap. 7.3). Es sind dort alle bedeutenden Kategorien aufgelistet, die sich in den Interviews gezeigt haben. Kategorien, die im Vorfeld der Untersuchung deduktiv erstellt worden sind, die sich aber nicht in den Aussagen der Schüler finden ließen, sind nicht berücksichtigt worden.

#### 3.3.3.5 Auswertung der Interviews: Qualitative Inhaltsanalyse

Die qualitative Inhaltsanalyse ist ein Standardverfahren der qualitativen Sozialforschung und als primär kommunikationswissenschaftliche Technik anzusehen. Im Gegensatz zur quantitativen Inhaltsanalyse, welche die Häufigkeit bestimmter Motive im Material oder anderer Textelemente in den Vordergrund rückt, befasst sich die qualitative Inhaltsanalyse stärker mit anderen Aspekten des Textes, die nicht in der Oberflächenstruktur der Texte verortet sind. Ritsert rückt vier Aspekte in den Vordergrund, namentlich den Kontext von Textbestandteilen, latente Sinnstrukturen, markante Einzelfälle und das, was im Text nicht vorkommt (Mayring 1999, S. 91). Hier wird der stark interpretative Ansatz der qualitativen Inhaltsanalyse deutlich.

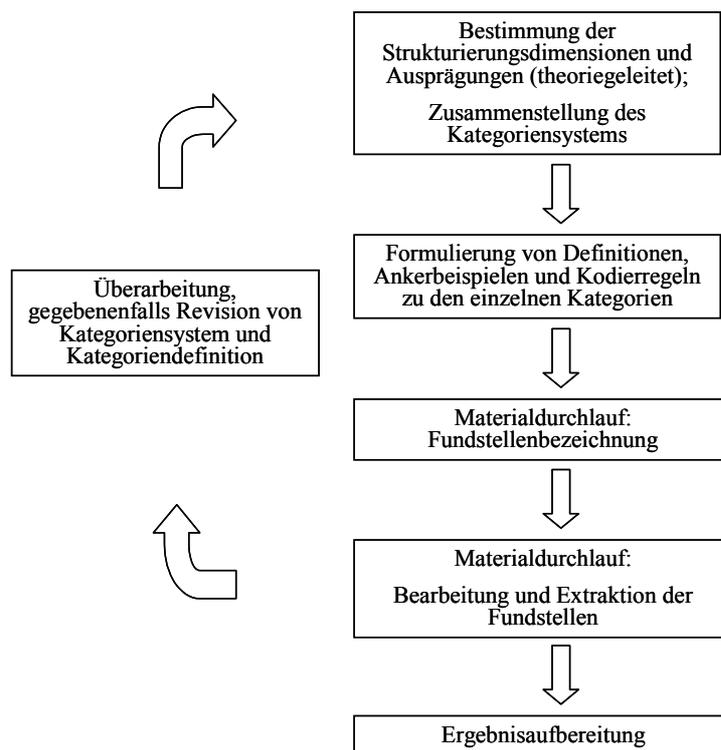
Qualitative Inhaltsanalyse ist aber kein beliebiges Analyseinstrumentarium, sondern arbeitet streng methodisch. Die oben beschriebene Kategorienbildung steht auch hier im Vordergrund und dient als Filter für die im Zentrum stehenden Forschungsaspekte.

Allgemein lassen sich nach Mayring drei Grundformen qualitativer Inhaltsanalyse unterscheiden (Mayring 1999, S. 91ff). Die *zusammenfassende qualitative Inhaltsanalyse* schafft durch eine Reduktion des Ausgangsmaterials ein überschaubares Korpus, das aber noch alle wesentlichen Aspekte beinhaltet. Die Explikation als inhaltsanalytische Technik kann hingegen eher als *Kontextanalyse* aufgefasst werden. Zu einzelnen fraglichen Textteilen wird zusätzliches Material herangetragen. Dazu ist es notwendig, die Orte dieses Suchvorgangs zu definieren. Sowohl der enge Textkontext (die direkten Bezüge im Text) als auch der weitere Textkontext (Adressaten, kulturelles Umfeld etc.) können als Quellen dienen. Beide Verfahren kommen in dieser Arbeit zum Einsatz, da sich eine strikte Trennung in der Praxis als sehr schwierig erweist; jedoch wird als vornehmlich benutztes Verfahren die *strukturierende qualitative Inhaltsanalyse* angewendet.

„Ziel der Analyse ist es, bestimmte Aspekte aus dem Material herauszufiltern, unter vorher festgelegten Ordnungskriterien einen Querschnitt durch das Material zu legen oder das Material aufgrund bestimmter Kriterien einzuschätzen.“ (Mayring 2000, S. 58).

Die Kategorienbildung geschieht nach dem gleichen schon beschriebenen Muster. Abbildung 21 gibt das Ablaufmodell strukturierender qualitativer Inhaltsanalyse wieder (Mayring 1999, S. 96).

Strukturierende qualitative Inhaltsanalyse kann jedoch weiter spezifiziert werden, je nach der Zielsetzung des Forschungsvorhabens. Mayring unterscheidet zwischen formaler, inhaltlicher, typisierender und skalierender Strukturierung (Mayring 2000, S. 85). Diese Spezifikationen lassen sich oftmals nur schwer trennen. So kann mit der inhaltlichen Strukturierung die skalierende Strukturierung einhergehen, wenn z.B. ein Text nicht nur hinsichtlich bestimmter Themen oder Inhalte untersucht wird, sondern wenn auch die Ausprägung dieser Themen oder Inhalte im Fokus des Interesses stehen. In diesem Zusammenhang wird häufig auch von Valenz- oder Intensitätsanalysen, Wertanalysen, Bewertungsanalysen oder Symbolanalysen gesprochen. Gegenüber der einfachen inhaltlichen Strukturierung werden hier die Ausprägungen in ordinalem Verhältnis zueinander gestellt (Mayring 2000, S. 92ff).



**Abb. 21: Ablaufmodell strukturierender qualitativer Inhaltsanalyse**

#### 3.3.3.6 Auswertung der Interviews: Kontingenzanalyse

Der letzte Schritt der Interviewauswertung ist die auf Osgood beruhende Kontingenzanalyse (Osgood 1957, 1959). Häufige und immer wiederkehrende Zusammenhänge bestimmter Textelemente werden hierbei herausgestellt und auf Kontingenz untersucht. Die erhaltene Struktur miteinander assoziierter Textelemente erlaubt schließlich eine tiefergehende Interpretation des erhobenen Datenmaterials.

Kracauer verdeutlicht, „dass gerade diese Interrelation oft zu einem großen Teil und manchmal entscheidend dazu beiträgt, die Richtung des Gesamttextes zu determinieren.“ Betrachtete man dem gegenüber nur die Quantifizierung atomistischer Daten (in diesem Sinne hier die reine Auszählung einzelner Kategorien), könne man kaum erkennen, wie diese Daten untereinander in Beziehung stünden (Kracauer 1972, S. 53).

Eine Kontingenzanalyse lässt oftmals den Blick auf die Textur der Andeutungen und Intentionen zu, mit der bestimmte Äußerungen verknüpft sind. Damit geht sie über eine Betrachtung des wortwörtlichen Inhalts hinaus, es zeigen sich latente Sinngehalte und somit der wahre Inhalt des Textes.

Problematisch bei diesem Auswertungsverfahren ist die starke Abhängigkeit der Ergebnisse von der subjektiven Position des/der Auswerter/s. Implizite Argumente und auch Stilmittel gewinnen an Bedeutung und können bestenfalls als Rangskala, nicht aber als Intervallskala gewichtet werden (Früh 2001, S. 221f). Die Gefahr, dass man die Interrelationen im Text überinterpretiert, ist hier besonders groß.

Da in dieser Arbeit die Kontingenzanalyse nur von einem Rater<sup>125</sup> durchgeführt wird, sind die Ergebnisse auch nur als vorsichtige Interpretation im Sinne einer Diskussionsanregung zu verstehen.

---

<sup>125</sup> Unter *Rater* wird in der empirischen Forschung diejenige Person verstanden, welche die erhaltenen Rohdaten unter Berücksichtigung der vorher festgelegten Kategorien auswertet.

### 4. Ergebnisse

Zu Beginn der Auswertung ist es sinnvoll, einen ersten quantifizierenden Überblick über die verschiedenen Fragebereiche und ihre Kategorien zu erstellen. Diesem folgt später die Kontingenzanalyse, die einen tieferen Einblick erlaubt sowie zwei beispielhafte Einzelfallinterpretationen.

#### 4.1 Quantifizierung der Kategorien

Die nachfolgenden quantitativen Ergebnisse spiegeln die Tendenzen in den Schülerantworten wider und vergleichen diese. Da das Untersuchungsdesign qualitativ angelegt ist, werden statistische Signifikanzprüfungen, wie sie in der quantitativen Forschung üblich sind, nicht durchgeführt.

Dennoch können die Ergebnisse als reliabel eingestuft werden, da die quantifizierende Analyse der Interviews von drei unabhängigen, zuvor thematisch eingewiesenen Gutachtern vorgenommen wurde. Zeigten sich Unstimmigkeiten in den Interpretationen der Schülerantworten, wurden diese diskutiert und zu einem Konsens geführt.

Die in allen nachfolgenden Abbildungen aufgeführte Ordinate *Häufigkeiten (rel.)* gibt den prozentualen Anteil der Gesamtheit der Schülerantworten in dem entsprechenden untersuchten Fragebereich wieder. Wiederholen Schüler qualitativ gleiche Aussagen, werden diese nur einmal gezählt. Die Anzahl der in diesen Bereichen festgelegten bzw. ermittelten Kategorien, welche in den jeweiligen Legenden genauer erläutert sind, ist auf der Abszisse aufgetragen. Dabei sind nur jene Kategorien berücksichtigt, zu denen sich Schülerantworten zuordnen ließen. Im Vorfeld der Analyse deduktiv erstellte Kategorien, die durch keine Schülerantwort gekennzeichnet sind, werden nicht explizit aufgeführt, um die Lesbarkeit der Abbildungen zu erhöhen.

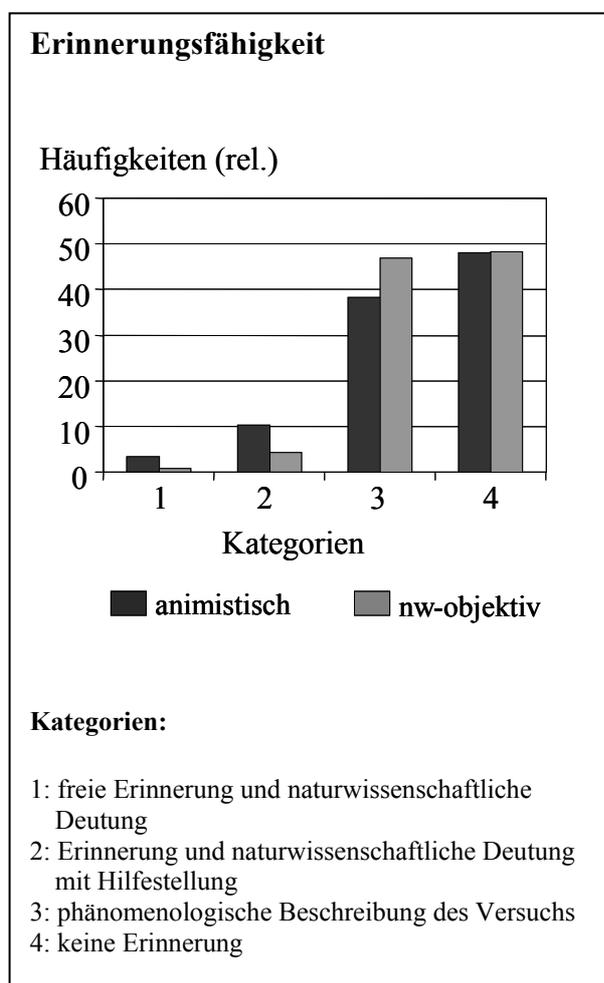
#### ***Erinnerungsfähigkeit***

Im Bereich der Erinnerungsfähigkeit haben die befragten 22 Schüler insgesamt 301 differenzierbare Äußerungen abgegeben. 160 Äußerungen dieser Gesamtheit lassen sich der animistisch unterwiesenen Gruppe zuordnen, 141 Äußerungen der naturwissenschaftlich-objektiv unterwiesenen Gruppe.

## 4. Ergebnisse

---

Bezüglich der Erinnerungsfähigkeit zeigt sich in Abb. 22, dass sowohl in der animistisch als auch die naturwissenschaftlich-objektiv unterwiesenen Gruppe nur eine geringe Anzahl der Schülerantworten eine Erinnerung an die durchgeführten Versuche einschließlich ihrer naturwissenschaftlichen Deutung erkennen lässt (Kategorie 1), teilweise auch nur mit Hilfestellung (Fotos des Versuchsaufbaus, Versuchsanleitung) während des Interviews (Kategorie 2). Diese Hilfestellungen wurden während des Interviews erst dann gegeben, als offensichtlich mit keiner frei geäußerten und spontanen Schülerantwort mehr zu rechnen war.



**Abb. 22: Direkter Vergleich der Häufigkeiten der Schülerantworten bezogen auf die unterschiedlichen Vermittlungsarten.**

Berücksichtigt man nur den phänomenologischen Aspekt der Versuche, ist der Prozentsatz ungleich höher (Kategorie 3). Weiterhin ist der Anteil der Schüler, die keine Erinnerung trotz Hilfestellung im Interview zeigen, sehr hoch (Kategorie 4). Zusammenfassend lässt sich die Tendenz feststellen, dass sich die Erinnerungsfähigkeit der beiden unterschiedlich unterwiesenen Gruppen nur marginal unterscheidet.

Aussagen über eine tiefergehende kognitive Verarbeitung lassen sich nicht zuverlässig machen. Um diese treffen zu können, müssten mehrere Lernzielebenen überprüft werden, insbesondere die Lernzielebenen Reorganisation (umgearbeitete Gedächtnisleistung) und Transfer (Übertragung auf neue Sachverhalte) (Pfeifer 2002, S. 126f). Dieser Vorgang empfiehlt sich allerdings nur bei längerfristig angelegten Interventionen, da eine tiefgreifende und spürbare kognitive Beeinflussung durch eine einmalige Intervention nicht erreicht werden kann.

### ***Modellvorstellungen und Fachsprache***

Die Bereiche der Modellvorstellungen und der Fachsprache Chemie bereiteten während der Interviewphase den Schülern die größten Probleme. Im Vergleich zu den anderen Fragebereichen zeigten sich die Schüler sehr verschlossen und konnten auf viele Fragen nicht antworten. Das erklärt auch die geringe Gesamtzahl der Äußerungen von nur 51, die sich zu 27 Äußerungen auf die animistisch unterwiesene und zu 24 Äußerungen auf die naturwissenschaftlich-objektiv unterwiesene Gruppe verteilen. Vermutlich beruht dies aber eher auf dem komplexen Sachverhalt als auf den Interviewumständen, denn im weiteren Verlauf des Interviews, in dem andere Aspekte wie z.B. die Beurteilung der mündlichen Vermittlung im Vordergrund standen, äußerten sich die Schüler eindeutig häufiger.

Die Antworten der Probanden zu den Bereichen Modellvorstellungen und Fachsprache scheinen die im Theorieteil dargestellten Sachverhalte zu bestätigen (Kapitel 2.3.2), insbesondere die noch nicht voll ausgeprägte Kompetenz im formal-logischen Denken. Nahezu alle Schülerantworten lassen Schwierigkeiten in den Modellvorstellungen erkennen, wie folgende typische Äußerungen zeigen:

**Regina:** „Ja, das Periodensystem, genau, das kann ich mir irgendwie nicht vorstellen. Und diese ganzen Moleküle, wie die alle so aussehen, das kann - wie dass überhaupt sein kann und so. Irgendwie nicht so.“

**Jasmin:** „Mit Hilfe von Kugeln verstehe ich das manchmal, aber so bildlich nicht so wirklich.“

Weiterhin scheinen die eigenen Modellvorstellungen nur schwer versprachlicht werden zu können, so dass dies nur in Einzelfällen stattfindet. Ob jedoch die mangelnde sprachliche Kompetenz der Schüler oder aber die möglicherweise fehlenden Modellvorstellungen ursächlich für diese Probleme sind, konnte im Interview und in der späteren Analyse der Transkripte nicht eindeutig beantwortet werden.

Insgesamt lassen nur drei differenzierbare Äußerungen Rückschlüsse auf konkrete Modellvorstellungen zu. Gerd z.B. gibt an, dass er sich das Überspringen von Elektronen bei Redox-Prozessen durchaus vorstellen kann, insbesondere dann, wenn durch Tafelbilder im Unterricht seine Modellvorstellungen gestützt werden (hier ist auffällig, dass Gerd die animistische Beschreibung des *Überspringens* frei geäußert hat). Auch Jasmin stellt sich vor, dass Atome durch „den Strom flitzen“. Wenn auch hier ein fachlicher Fehler deutlich wird (Verwechslung von Atomen und Elektronen), scheinen Modellvorstellungen, wenn sie vorhanden sind, eng an animistische Erklärungsmuster angelehnt zu sein. Dennoch ist zu berücksichtigen, dass es sich hier nur um vereinzelte Äußerungen handelt, die nicht ohne weiteres auf potenzielle Modellvorstellungen und Erklärungsmuster der anderen Schüler exploriert werden dürfen.

Weiterhin wird deutlich, dass den Probanden der Unterschied zwischen einer Fachsprache Chemie und der Sprache der Vermittlung im *teutolab* bewusst ist. So beherrschen die Betreuer im *teutolab* ihrer Meinung nach die Fachbegriffe, wenden sie aber nicht an, um verständlicher für die Schüler zu sein. Die Fachsprache Chemie wird von den Schülern treffend als notwendiges Verständigungsmittel zwischen Chemikern erkannt, aufgrund ihrer schlechten Verständlichkeit aber eher negativ hinsichtlich des eigenen Chemieunterrichts bewertet. In dieser Beurteilung unterscheiden sich die Schüler der beiden Gruppen nicht voneinander, wie folgende typische Schüleräußerungen zeigen:

**Fabian:** „Also, ich denke mal, dass die (die Chemiker; Anm. d. Verf.), also schon mehr so Fachbegriffe nehmen. Weil, das verstehen halt auch alle, die da arbeiten und so, und dann ist das wahrscheinlich einfacher für die.“

**Karina:** „Und dann können die sich halt nur mit diesen Fachbegriffen unterhalten. Nicht so wie wir. Wir sind jetzt noch in der, auf einer Schule. Und wir wissen das nicht. Und die haben das schon alles studiert und wissen, was das bedeutet und alles.“

**Sina:** „Also, ich denk mal, die (studentische Hilfskraft; Anm. d. Verf.) hat halt mit uns auch - ja mit uns etwas kindlicher gesprochen, damit wir halt alles verstehen. Nicht so, wie sie zum Beispiel mit ihren Professoren da redet da. Da benutzen die ja Fach-, fast nur so Fachbegriffe.“

Dass Verständnisschwierigkeiten bei der Verwendung von Fachbegriffen im Vermittlungsprozess auftreten können und dass sich eine Vermeidung dieser Fachbegriffe positiv auf das Lernklima auswirkt, wird direkt angesprochen und ist durch folgende beispielhafte Äußerungen gekennzeichnet:

**Charlene:** „Das mit den Fachbegriffen, das kriege ich nicht hin!“

**Esther:** „Ich meine, er (Olaf, eine studentische Hilfskraft; Anm. d. Verf.) hat schon so, er hat zwar die Fachausdrücke schon so gesagt, aber dann auch noch mal für die Leute erklärt, wenn man es nicht wusste. Ich denke, also, ein bisschen ungezwungener war er schon.“

**Franziska:** „Die wissen das (Chemiker bei der Verwendung von Fachbegriffen; Anm. d. Verf.) ja, die beschäftigen sich da ja auch mit. Das ist deren Beruf. Und, ja und, ja für uns ist das eigentlich unter den Umständen schon fast Zwang.“

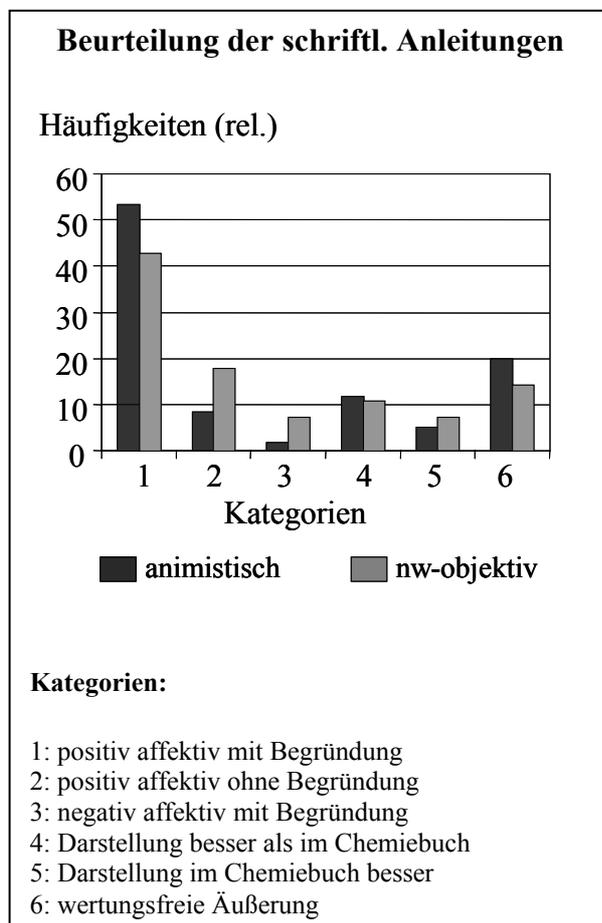
Insbesondere in der letzten Äußerung wird eine negative affektive Haltung gegenüber Fachbegriffen deutlich, da für Franziska anscheinend ein angenehmes und freies Lernklima durch Fachbegriffe kaum erreicht werden kann.

Resümierend lässt sich feststellen, dass trotz einer geringen Anzahl an Schülerantworten dennoch Vorbehalte gegenüber einer Fachsprache bzw. komplexer Modelle zu erkennen sind.

### **Beurteilung der schriftlichen Anleitungen**

Die Beurteilungen der schriftlichen Anleitungen, welche die Schüler während des Experimentierens im *teutolab* benutzt haben, fallen in der Summe sehr positiv aus und unterscheiden sich zwischen beiden Gruppen weiterhin kaum qualitativ, wie aus Abb. 23 deutlich wird. Insgesamt wurden von den Schülern 83 differenzierbare Antworten gelie-

fert, wobei der Anteil der Antworten in der animistisch unterwiesenen Gruppe mit 55 fast doppelt so hoch ist wie der Anteil der Antworten mit 28 in der naturwissenschaftlich-objektiv unterwiesenen Gruppe.



**Abb. 23: Direkter Vergleich der Häufigkeiten der Schülerantworten bezogen auf die Beurteilung der unterschiedlichen Anleitungen**

Die meisten Schüler äußern sich positiv, wobei die Begründungen stark affektiv geprägt sind und sich ähneln. Besonders positiv werden die bildlichen Elemente hervorgehoben, während die rein verbalen Elemente kaum berücksichtigt werden. Überraschend ist dieser Sachverhalt nicht, da sich die beiden Versionen der Versuchsanleitungen verbal kaum unterscheiden. Doch nicht nur affektiv werden die bildlichen Elemente positiv bewertet, auch im kognitiven Bereich scheinen sie für die Schüler stimulierend zu sein. Die Intention der Bilder wird von vielen Schülern richtig erkannt und positiv beurteilt. Die Hilfestellungen, die durch die Bilder gegeben werden sollen, scheinen sich somit

positiv auf den Verstehensprozess auszuwirken, wie folgende typische Begründungen aus beiden Gruppen verdeutlichen:

**Gerd:** „Also, das ist einfacher zu verstehen also - die sind einfacher zu verstehen, weil das eben sehr einfach gemalt, äh, gezeichnet und auch geschrieben ist. Das ist eine genauere Anleitung. Die braucht man nur lesen und dann weiß man sofort, was man tun muss. (...) Z. B. bei Diastase. Das trennt und dann eben wie so ein Bauarbeiter. (...) Das hängt damit zusammen eben mit den, zusammen mit den Berufen oder wie die aussehen.“

**Karina:** „Ja, da, wenn man da so diese gemalten Sachen sieht, das sieht auch manchmal so lustig aus. Und dann macht das einem auch noch mehr Spaß. Also, diese Anleitungen sind super.“

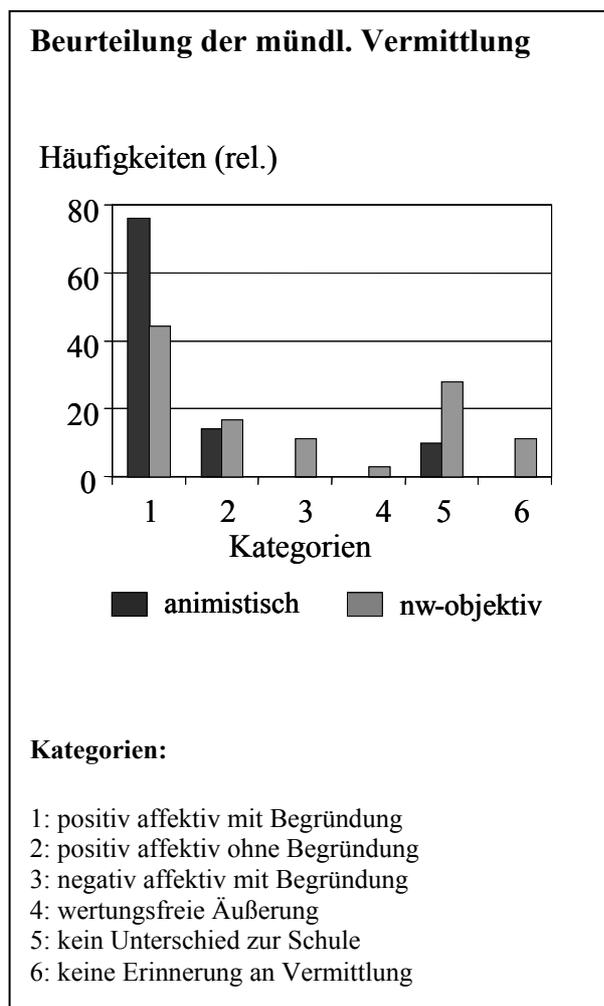
**Charlene:** „Also ich finde, dass diese - also manchmal diese Ab-, diese Zeichnungen, die sind übersichtlicher als im Chemiebuch. Weil da (...) braucht man da ziemlich lange, bis man da durchkommt und verstanden hat überhaupt, was das so ist. Und dann, wenn man das Männchen dann sieht, dann versteht man auch, warum. Warum das dann da jetzt steht so. Also, ich finde das nicht albern oder kindisch.“

Die ähnlichen Äußerungen der Schüler beider Gruppen überraschen etwas, lassen sich jedoch mit Hilfe der bereits dargestellten Erkenntnisse zur Lernwirksamkeit von Bildern erklären (Kapitel 2.4.5). Neben ihrer memorativen Funktion können sie auch subjektiven Lernpräferenzen entgegenkommen, insbesondere wenn sie im Lernprozess als „steps & parts“-Bilder verwendet werden. Da sich die *teutolab*-Anleitungen durch solche „steps & parts“-Bilder auszeichnen, werden sie von den Schülern verstärkt positiv bewertet.

### ***Beurteilung der mündlichen Vermittlung***

Die eindeutigsten Erkenntnisse zeigen sich hinsichtlich der mündlichen Vermittlung, wie Abbildung 24 verdeutlicht. Die Schüler lieferten in diesem Bereich insgesamt 81 Äußerungen, 45 Äußerungen in der Gruppe der animistischen Vermittlung und 36 Äußerungen in der Gruppe der naturwissenschaftlich-objektiven Vermittlung.

Auf den ersten Blick fallen die sehr positiven Bewertungen der mündlichen animistischen Vermittlung auf (Kategorien 1 und 2). Negative Beurteilungen gibt es hier in keinem Fall (Kategorie 3).



**Abb. 24: Direkter Vergleich der Häufigkeiten der Schülerantworten bezogen auf die Beurteilung der unterschiedlichen Vermittlungsarten**

Ein Großteil der positiven Bewertungen ist weiterhin begründet, wobei nahezu ausschließlich der Verzicht auf Fachbegriffe und die einfachen Erklärungen herausgestellt werden. Über die gezielte Verwendung animistischer Begriffe äußern sich die Schüler nicht. An dieser Stelle kann nicht beantwortet werden, ob den Schülern diese gezielte Verwendung nicht bewusst ist bzw. ob es für sie schwierig ist, die Besonderheit der animistischen Begriffe zu erkennen. Unterschiede zum alltäglichen Chemieunterricht fallen ihnen jedoch auf. Aus der Gesamtheit der positiven Äußerungen ist im Folgenden eine qualitativ repräsentative Auswahl aufgeführt:

**Fabian:** „Und jetzt, das, was wir jetzt in Chemie haben, das ist so mit Formeln und so. Und das ist halt bei dem Lehrer, den wir jetzt haben, da ist Chemie schwierig. Da verstehen, verstehen das die meisten nicht. (...) Ja, also im Teutolab, da wurden dann einfachere Begriffe benutzt.“

**Karina:** „Es war sehr verständlich. Also nicht so, dass, dass er irgendwie so viele Fach-, wenn er so einen Fachbegriff genommen hat, dann hat er auch gleich erklärt, was das bedeutet. Und nicht wie andere, die erzählen da was und man versteht gar nichts.“

Die Verwendung animistischer Begriffe bei der Vermittlung chemischer Sachverhalte wirkt sich somit positiv auf den Verstehensprozess aus, wie folgende Äußerungen verdeutlichen:

**Charlene:** „Bei mir war das so, jedes mal, wenn Marco irgendwie was gesagt hat, dann hat es einfach „Klick“ gemacht, so. Und wenn - ich meine, wenn hier in Chemie jetzt jemand einen Vortrag hält oder so, dann, dann brauche ich echt wirklich lange, bis ich das irgendwie alles hinkriege, so.“

**Sina:** „Ja also, also, sie hat halt erklärt, und wenn sie dann so, so einen Begriff benutzt hat, den wir eigentlich nicht verstehen konnten, hat sie auch noch mal so erklärt, dass es jeder verstanden hat.“

Die alltäglichen Schwierigkeiten im Chemieunterricht liegen nach Schüleraussagen oftmals in der falschen Einschätzung ihrer Fähigkeiten. Um welche Fähigkeiten es sich dabei genau handelt, lässt sich allerdings aus den Aussagen nicht ableiten:

**Steve:** „Kann sein, dass (...) der Lehrer vielleicht auch ein bisschen denkt, die wissen das ab und zu ein bisschen. Und dann, also, dass der dann ab und zu mal die, das Wissen von uns unterschätzt, also, dass der denkt, wir wissen das schon und es stimmt vielleicht auch gar nicht.“

Die animistische Vermittlung wird weiterhin nicht nur allein aufgrund ihrer verbalen Kennzeichen positiv bewertet, sondern auch durch das Zusammenspiel mit den nonverbalen Elementen. Das bedeutet, dass jene die Vermittlung ergänzenden Zeichnungen der schriftlichen Anleitungen, die von den studentischen Hilfskräften benutzt werden, den Verstehensprozess positiv beeinflussen.

**Eduard:** „Der hat auch mehrere Bilder uns gezeigt und eben mit der Diastase, wie das funktioniert. (...) Also, da brauchte auch keiner fragen oder so. (...) Olaf, der hat das jedem erklärt, so dass das jeder versteht.“

**Regina:** „Also, ich habe alles verstanden, was sie gesagt hat. (...) Als wir dir Plakate gemacht haben, da hat sie uns auch geholfen und so. Da konnten wir auch nachfragen, hat sie uns beantwortet und so mit leichten Wörtern erklärt ohne so schwierige Begriffe. Also das fand ich eigentlich ganz schön.“

Die animistischen Begriffe scheinen auch relativ nah am Soziolekt der Schüler angelehnt zu sein. Wiederholte Äußerungen bewerten die Nähe zur eigenen Schülersprache als positiv. Dadurch scheint sich die Distanz zwischen Schüler und Betreuer in der sonst üblichen, asymmetrischen Kommunikationsstruktur zu verringern.

**Janine:** „Und bei uns benutzen die ja so Wörter, die wir auch verstehen.“

**Marco:** „Ja, Rebecca hat uns das, wenn wir das jetzt nicht verstanden haben mit dieser, z. B. mit dieser Kette und der Hefe, hat sie uns alles noch mal aufgezeichnet und noch mal anhand ihrer Zeichnung noch mal alles ausführlich erklärt. (...) Aber ich glaube, das war eigentlich so ganz - sie hat, glaube ich, versucht, in unserer - so dass wir das verstehen... in unserer Wortsprache zu... sprechen.“

**Patrick:** „Ja, persönlicher halt. Also, nicht so mit so einer großen Distanz, wie so ein Lehrer zum Schüler halt, sondern halt, ja weiß nicht, in der Art halt, ein bisschen persönlicher, ein bisschen mehr uns angesprochen als so ein Lehrer direkt.“

Als Konsequenz wünschen sich die meisten Schüler, die Vermittlungsart des *teutolabs* auf den Schulunterricht zu übertragen, um das Schulfach Chemie leichter zugänglich und verständlicher zu machen, wie aus der folgenden kurzen Gesprächssequenz deutlich wird:

**Interviewer:** „Wenn jetzt, wenn jetzt bei euch im Chemieunterricht praktisch die ganze Zeit so gesprochen würde oder so erklärt würde, wie Astrid das gemacht hat...“

**Steve (unterbrechend und spontan):** „Es würde vielen leichter fallen!“

Neben den genannten positiven Äußerungen stellt ein Teil der Schüler auch keinen Unterschied zwischen der Vermittlung im *teutolab* und der Vermittlung im Chemieunterricht fest (Kategorie 5). Diese Äußerungen können weder als positiv noch als negativ kategorisiert werden. Weiterhin lässt sich nicht sagen, ob in der Schule verstärkt Animismen im Unterricht verwendet werden, so dass ein Unterschied zur Vermittlung im *teutolab* den Schülern nicht bewusst wird. Da jedoch nur sehr wenige Schüler keinen Unterschied in der Vermittlung zwischen *teutolab* und Schule erkennen, kann von dieser Annahme nicht ausgegangen werden. Eine animistische Vermittlung scheint vielmehr eine Ausnahme im Chemieunterricht zu sein, wie die oben aufgeführten Antworten zur Fachsprache verdeutlichen.

In der Gruppe der naturwissenschaftlich-objektiven Vermittlung sind ca. zwei Drittel der Probandenäußerungen positiv zu kategorisieren (Kategorien 1 und 2), wobei nahezu die Hälfte dieser positiven Äußerungen explizit begründet wurde (Kategorie 1).

Ähnlich wie in der Gruppe der animistischen Vermittlung bewerten auch hier die Schüler den Verzicht auf Formalismen, das Arbeiten mit einfachen Modellen und die Vermittlung in einer verständlichen Sprache, die stark am Soziolekt der Probanden angelehnt ist, positiv.

**Nelly:** „*Er hat es irgendwie nicht so mit schweren Wörtern erklärt, sondern mit so Umgangswörtern so, mit denen man öfters umgeht.*“

**Jasmin:** „*Der hat das schon besser erklärt als - also man konnte den verstehen. Und, weil ja unser Lehrer manchmal irgendwie so - ja, da versteht man gar nichts, weil da - der erzählt da irgendwas. Aber bei dem (Betreuer; Anm. d. Verf.) kann man das auch verstehen. Aber, er ist ja auch jünger.*“

Diese Aussagen der Schüler überraschen, da sich die naturwissenschaftlich-objektive Vermittlung durch den häufigen Gebrauch fachsprachlicher Begriffe und Formalismen auszeichnen sollte. Eine nachfolgende Befragung der studentischen Hilfskräfte machte jedoch deutlich, dass die Schüler unter Berücksichtigung dieser Forderungen vermehrt Verständnisschwierigkeiten hatten. Die studentischen Hilfskräfte mussten somit die naturwissenschaftlichen Phänomene verständlicher vermitteln, was durch eine einfache Sprache und den Verzicht fachsprachlicher Begriffe geschah.

#### 4. Ergebnisse

---

Gestützt werden die Aussagen der studentischen Hilfskräfte durch Schüleräußerungen, die ebenfalls verdeutlichen, dass die anfänglich benutzten naturwissenschaftlichen Fachbegriffe zu Verständnisschwierigkeiten führten, die auf Nachfragen der Schüler jedoch erläutert wurden.

**Jasmin:** *“Nee, also, ähm, wenn, wenn wir nicht weiter gekommen sind oder so, das konnten wir auch fragen und so. Und der hat uns auch geholfen.“*

**André:** *„Wenn sie welche benutzte wie „Diastase“ da, dann hat sie die auch erklärt. Fand ich auch gut und sie hat das eigentlich ganz gut gemacht mit den Begriffen, wenn sie welche benutzt hat, hat sie die sofort erklärt.“*

An dieser Stelle ist zu berücksichtigen, dass die verständliche Vermittlung der chemischen Phänomene auch in der Interventionsstudie gewährleistet werden sollte. Dadurch war es für die studentischen Hilfskräfte nicht immer möglich, die gewünschte Vermittlungsart konsequent durchzusetzen.

Es gab jedoch auch negative Bewertungen (Kategorie 3) der naturwissenschaftlich-objektiven mündlichen Vermittlung. Die nicht verständliche Fachsprache, komplizierte Modelle und die verwendeten Formalismen wurden von einigen Probanden negativ beurteilt. Hier schien die naturwissenschaftlich-objektive Vermittlung dermaßen durchgeführt worden zu sein, wie es ursprünglich gefordert wurde.

**Joana:** *„Also, es war manchmal, manchmal war es ein bisschen kompliziert, was zu verstehen. (...) ...manchmal auch Begriffe benutzt. Aber das liegt wahrscheinlich auch daran, dass Olaf nicht wusste, welche Begriffe wir kennen und welche wir nicht kennen.“*

**Marcel:** *„Ja, die verstehen wir zwar nicht, aber die werden ja danach immer erklärt.“*

**Jasmin:** *„Der hat uns, der hat schon Salzsäurelösung oder so was gesagt und uns auch gezeigt, ähm, was das ist und so.“*

Die restlichen Probandenäußerungen bezogen sich nicht direkt auf die Vermittlung. Ein sehr geringer Anteil der Schüleräußerungen war durch Gleichgültigkeit gekennzeichnet (Kategorie 4). Hierbei lässt sich aus den Interviewdaten allerdings nicht erschließen, ob

diese Gleichgültigkeit in einer Unlust am Interview oder in einem Desinteresse an chemischen Fragestellungen begründet lag.

Auffälliger ist im Gegensatz zur Gruppe der animistischen Vermittlung der größere Anteil an Äußerungen, die keinen Unterschied zur Vermittlung in der Schule festgestellt haben (Kategorie 5). Dieses kann als Indikator dienen, dass die naturwissenschaftlich-objektive Vermittlung im Vergleich zur animistischen Vermittlung im Schulunterricht stärker präsent ist.

Als negativ lässt sich die nicht vorhandene Erinnerung an die naturwissenschaftlich-objektive Vermittlung bei einigen Schülern einstufen (Kategorie 6). Aufgrund der mangelnden Erinnerung kann hier von keinem nachhaltigen motivationalen Effekt ausgegangen werden.

Im direkten Vergleich wird die animistische Vermittlung gegenüber der naturwissenschaftlich-objektiven Vermittlung eindeutig positiver bewertet. Dieser Effekt wäre wahrscheinlich noch größer, wenn bei der naturwissenschaftlich-objektiven Vermittlung stärker auf die Einhaltung der gewünschten Methodik durch die studentischen Hilfskräfte geachtet worden wäre. Infolgedessen hätten aber die Schüler das *teutolab* als demotivierend und emotional negativ eingestuft. Das wäre kontraproduktiv hinsichtlich dessen motivierender Wirkung gewesen, die als das oberste Ziel des *teutolabs* angesehen wird (Kapitel 3.2).

### 4.2 Ergebnisse der Kontingenzanalyse

Wie bereits erwähnt wurde, sollten die nachfolgenden Ergebnisse aufgrund ihres stark interpretativen Charakters eher als Diskussionsanregungen hinsichtlich einer verstärkt animistischen Vermittlung im Chemieunterricht verstanden werden. Dennoch wird an dieser Stelle versucht, deutliche Interrelationen aufzuzeigen, ohne jedoch Überinterpretationen zu leisten.

#### ***Kontingenzen in der animistisch unterwiesenen Schülergruppe***

Unter allen Schülern, die animistisch unterwiesen wurden, zeigt sich ein ausgeglichenes Interesse an chemischen Sachverhalten. Ungefähr die Hälfte der Schüleraussagen auf

die Frage, ob ein privates oder schulisches Interesse an Chemie besteht, ist positiv bzw. negativ. Betrachtet man die Äußerungen genauer, fallen zwei Interrelationen in diesem Zusammenhang auf. Einerseits treten positive Schüleräußerungen zum Chemieinteresse gehäuft dann auf, wenn die Schüler die chemischen Sachverhalte als verständlich bewerten. Und andererseits scheint ein solches Verständnis dann aufzutreten, wenn eine einfache und verständliche Sprache benutzt wird, wie z.B. die animistische Sprache im *teutolab*.

Karin z.B. bewertet sowohl die mündliche Vermittlung als auch die Graphiken der schriftlichen Anleitung im *teutolab* als verständnisfördernd. Sie beurteilt die Vermittlung im *teutolab* interessanter als die Vermittlung in der Schule und entwickelt offenbar dadurch eine positive affektive Bindung zum Lerngegenstand. Ihre Aussage, dass der Chemieunterricht, wenn er wie im *teutolab* wäre, Spaß machen würde, scheint dies zu bestätigen. Zwar beeinflusst auch das eigenständige Experimentieren im *teutolab* ihre Aussage positiv, dennoch hebt sie explizit die Vermittlung hervor.

Auch andere Schüler äußern sich ähnlich. Patrick stellt ebenfalls den Zusammenhang zwischen der verständlichen (animistischen) Vermittlung, sich einer daraus entwickelnden positiven Haltung zum Lerngegenstand und seinem Interesse heraus. Er sagt:

*„Wenn ich das (im Unterricht; Anm. des Verf.) auch nur halbwegs verstehe (wie im teutolab; der Verf.), macht das auch Spaß. Man muss es halt nur verstehen!“*

Und zur animistischen Vermittlung äußert er weiterhin:

*„Rebecca<sup>126</sup> hat probiert, das ohne Fachbegriffe zu erklären, damit wir das auch alle verstehen. (...) Ja, persönlicher. Nicht mit einer so großen Distanz. (...) In der Art hat sie uns mehr angesprochen!“*

Regina antwortet auf die Frage, wodurch sich die Vermittlung im *teutolab* und der Chemieunterricht unterscheiden:

*„Also, wenn es so wäre wie im teutolab – in der Schule, also im Chemieunterricht – dann hätte ich mehr Spaß daran, hätte ich vielleicht auch so Interesse daran.“*

---

<sup>126</sup> Eine studentische Hilfskraft, die animistisch erklärt hat.

Und ihre positive Bewertung der Anleitungen und der mündlichen Vermittlung mündet in der Aussage:

*„Ich habe alles verstanden was sie (...) mit so leichten Worten erklärt hat. (...) Man hat mehr Freude am Lernen!“*

Wenn man solche Schüleraussagen auf die positiven Bewertungen zur animistischen mündlichen Vermittlung (vgl. Abschnitt 4.1, Abb. 22) bezieht, scheint letztere zumindest eine kurzfristige positive affektive Bindung an den Lerngegenstand zu generieren.

Da sich eine animistische Vermittlung maßgeblich durch metaphorische Merkmale auszeichnet, liegt die Vermutung nahe, dass sich insbesondere Schüler mit einer Affinität zur Sprache durch eine solche Vermittlung angesprochen fühlen.

Im Interview wurde versucht, das sprachliche Interesse einerseits durch die Bewertung des Deutschunterrichts und andererseits durch das private Leseverhalten der Schüler zu erfragen. Es stellten sich dabei einige Interrelationen zwischen sprachlichem Interesse und der positiv bewerteten animistischen Vermittlung dar.

Wenn Marco einerseits sagt, dass ihm der Deutschunterricht *„ganz gut gefällt“* und er auch privat viel liest, und andererseits äußert, dass die Vermittlung im *teutolab* so gut war, weil die studentische Hilfskraft *„versucht hat in unserer Wortsprache zu sprechen“*, wird die Interrelation deutlich.

Eduard, der offensichtlich muttersprachlich aus dem osteuropäischen Sprachraum kommt, liest ebenfalls gerne in der Freizeit. Und auch wenn er nach eigenen Angaben Probleme im Deutschunterricht hat (*„wenn so Themen wie Goethe und so kommen, dann bin ich eigentlich nicht so gut, dann habe ich so meine Probleme“*), zeigt er doch ein sprachliches Interesse. Auch er bewertet die animistische Vermittlung als verständlich. Im Chemieunterricht treten für ihn hingegen zunehmend Schwierigkeiten auf:

*„Auch wenn wir so mit Formeln umgehen, (...) und die chemischen Verbindungen und so. Dann kommen schon einige nicht mit. (...) Bis jetzt hatten wir noch nicht so viele Fremdwörter. Deswegen, bis jetzt ging das. (...) Ich fand das besser (das teutolab; der Verf.). Weil da verstand jeder und deswegen war es auf jeden Fall besser.“*

Es muss an dieser Stelle angemerkt werden, dass kein Schüler, der ein sprachliches Interesse geäußert hat, seinen Chemieunterricht als interessant beurteilt hat. Vielmehr wur-

den immer Verständnisschwierigkeiten bei der sprachlichen Vermittlung im Chemieunterricht hervorgehoben. Wohingegen die Vermittlung chemischer Phänomene im *teutolab* von diesen Schülern eindeutig besser beurteilt wurde. Insbesondere die verständlichen Erklärungen und Anleitungen sowie das eigenständige Experimentieren wurden wiederholt als interessant eingestuft.

Auffällig ist weiterhin der Umstand, dass insbesondere die männlichen Schüler im Vergleich zu den Schülerinnen keinen Unterschied zwischen der Vermittlung im *teutolab* und der Vermittlung im Schulunterricht zu erkennen scheinen. Gerd stellt ebenso wie Fabian „*keinen großen Unterschied fest*“, und Steve führt die Unterschiede auf die einmalige Intervention im *teutolab* und das ungewohnte Umfeld dort zurück. Er vermutet, dass sein Chemielehrer ähnlich wie im *teutolab* erklärt, „*nur dass man dadurch, dass man bei dem Lehrer die ganze Zeit ist, dass einem das dann nicht mehr so auffällt.*“ Potenzielle Unterschiede der Lernumgebungen werden somit eher auf andere außergewöhnliche, jedoch nicht näher erläuterte Situationsmerkmale zurückgeführt. Allerdings widersprechen eindeutige und sehr positive Bewertungen der mündlichen Vermittlung, die alle männlichen Schüler äußern, dieser Einschätzung.

Ebenso wie die animistische mündliche Vermittlung werden auch die animistischen Versuchsanleitungen des *teutolabs* von allen Schülern positiv bewertet, so dass diese beiden Aspekte hoch miteinander korrelieren (vgl. Kap. 4.1; Abb. 21 & Abb. 22). Da die Anleitungen die mündliche Vermittlung unterstützen, ist dies nicht außergewöhnlich. Die studentischen Hilfskräfte haben häufig mit Hilfe der animistischen Zeichnungen versucht, die chemischen Sachverhalte zu erläutern, wodurch die Schüler offensichtlich die Anleitungen nicht nur als reine Versuchsvorschriften aufgefasst haben, sondern sie auch als Erklärungshilfen erinnern. Das führt wiederum dazu, dass sowohl die Versuche als auch deren naturwissenschaftliche Deutung in der animistisch unterwiesenen Gruppe besser abgerufen werden können. Die leicht besseren Erinnerungswerte indizieren dies (vgl. Abb. 20).

Fabian z.B. bezieht Anleitungen und Vermittlung direkt aufeinander. Ihm ist bewusst, dass durch die Anleitungen ein erster Zugang zu den chemischen Prozessen geschaffen wird. Er weiß, dass die Figuren der Anleitungen die Funktion bestimmter Chemikalien bildhaft darstellen sollen, wie z.B. der Bauarbeiter, der die Hefe symbolisiert, welche bei der alkoholischen Gärung den Zucker bearbeitet und zu Alkohol umwandelt. Der Modellcharakter der bildlichen Animismen scheint ihm bewusst zu sein.

Auch Charlene äußert sich entsprechend. Sie zeigte sich sowohl im *teutolab* als auch während des Interviews sehr lebhaft und extrovertiert und ihre sprachlichen Äußerungen waren sprunghaft, jedoch positiv getönt:

*„Ich fand das eigentlich ganz gut. Ich hab ziemlich viel gelernt, so. Also ich wusste nicht, dass ich in Chemie so gut bin. Ja! Und also das war wirklich das erste mal, dass ich mich für Chemie interessiert habe.“*

Und auch die Verwendung der Anleitungen war bei den Erklärungen hilfreich:

*„Also, ich finde, das (die Figuren der Anleitungen; Anm. des Verf.) passt dazu. (...) Marco hat uns das ganz gut erklärt und dann haben wir, er hat eigentlich meistens erst erklärt und dann haben wir gelesen, Oder er hat dabei erklärt, also beim Lesen. (...) Da komme ich besser mit klar.“*

Lediglich der Schüler Christian äußert sich negativ über die *teutolab*-Anleitungen und bewertet sie als „*kindisch*“ und „*nicht plausibel*.“ Seine Aussage ist jedoch dahingehend nachzuvollziehen, dass er ein starkes Interesse an chemischen Sachverhalten zeigt. Sowohl in der Schule als auch in seiner Freizeit beschäftigt er sich relativ intensiv mit Naturwissenschaften und im Speziellen mit Chemie, z.B. in Form von Experimentierkästen. Weiterhin liest er gelegentlich naturwissenschaftliche Magazine und hat konkrete Vorstellungen über den submikroskopischen Bereich. So äußert er, dass er sich den Zusammenschluss von Atomen zu Molekülen und noch größeren Einheiten wie Organen vorstellen kann. Da Christian naturwissenschaftliche Themen zu interessieren scheinen, sind einfache, animistisch aufbereitete Medien für ihn eventuell leicht unterfordernd im kognitiven Bereich. Er bewertet die animistische Anleitung zwar als gut gestaltet, bevorzugt aber doch Chemiebücher, wie er sie im Unterricht benutzt, „*weil (er das) eigentlich im Chemiebuch informativer*“ einschätzt. Infolgedessen äußert er sich eher affektiv negativ zu den animistischen Anleitungen.

Es stellt sich nun die Frage, ob die aufgezeigten Kontingenzen in den Äußerungen der animistisch unterwiesenen Gruppe auch in der naturwissenschaftlich-objektiv unterwiesenen Gruppe auszumachen sind, bzw. ob sich neue Kontingenzen zeigen.

##### ***Kontingenzen in der naturwissenschaftlich-objektiv unterwiesenen Schülergruppe***

Ebenso wie in der animistisch unterwiesenen Gruppe werden auch hier sowohl die mündliche Vermittlung als auch die schriftlichen Anleitungen positiv bewertet. Über die potenziellen Ursachen hierfür wurde bereits in Kap. 4.1 diskutiert. Es ist aber festzuhalten, dass die positive Bewertung etwas geringer als in der Vergleichsgruppe ausfällt. Und auch an die durchgeführten Versuche und deren Deutung erinnern sich die Schüler etwas schlechter.

Die Unterschiede zwischen dem schulischen Unterricht und der Vermittlung im *teutolab* werden ebenso geringer eingeschätzt als in der animistischen Vergleichsgruppe. Eine naturwissenschaftlich-objektive Vermittlung scheint daher eher schulischen Charakter zu haben als eine animistische Vermittlung.

Während in der animistischen Vergleichsgruppe verstärkt die männlichen Schüler keinen Unterschied zur Schulchemie erkannt haben, sind es in dieser Gruppe insbesondere die Schülerinnen, die beide Lernumgebungen ähnlich einschätzen und die sprachlichen Konstellationen gleich beurteilen. Das führt bei ihnen dazu, dass sich offensichtlich auch das Verständnis hinsichtlich der beiden Lernumgebungen nicht unterscheidet. Fachwörter, die bei der Vermittlung chemischer Phänomene benutzt werden, sind verständnishemmend, so dass sie erklärt werden müssen. Dieses geschieht sowohl in der Schule als auch im *teutolab*, wie folgende Aussagen bestätigen.

Gülbahar, die sich im Interview allgemein nur sehr zögerlich äußerte, bejaht die Frage, ob sich Schulunterricht und *teutolab*-Situation ähneln. Fachbegriffe und Fremdwörter treten ihrer Meinung nach in beiden Situationen auf, werden aber auch erklärt, wenn Verständnisschwierigkeiten auftreten.

Nelly antwortet auf die Frage, ob Fachbegriffe im Chemieunterricht benutzt werden:

*„Ja, die werden schon benutzt. Aber da müssen wir selber nachfragen, was sie bedeuten.“*

Offensichtlich bevorzugt sie aber nicht Fachbegriffe und Formalismen und bewertet die Vermittlung im *teutolab* positiver, insbesondere wenn die verwendeten Fachbegriffe erläutert wurden.

**Nelly:** *„Er (die studentische Hilfskraft; Anm. d. Verf.) hat es dann nicht mit so schwierigen Wörtern erklärt, sondern mit so Umgangswörtern so, mit denen man öfters umgeht. (...) Man versteht es dann irgendwie besser.“*

Joana äußert ebenfalls, dass Fachbegriffe im Unterricht häufig zu Verständnisschwierigkeiten führen und somit erklärt werden müssen. Ähnlich wie im *teutolab* sind dann einfachere, an die sprachliche Kompetenz der Schüler angepasste Erklärungen notwendig:

*„Also, wenn wir Fachbegriffe benutzen, dann werden die mit einer kurzen Definition an die Tafel geschrieben oder so. Dann weiß jeder, worum es geht. Und das schreibt man sich dann halt ab. (...) Sonst wird es halt immer so erklärt, dass es möglichst, dass wir es alle sofort verstehen. Und dass da keine Begriffe drin sind, die wir nicht kennen.“*

Sämtliche Schüleräußerungen lassen erkennen, dass eine umgangssprachliche, einfache und nicht-fachwissenschaftliche Sprache aufgrund der guten Verständlichkeit bevorzugt wird. Die Annahme, dass einige Schüler möglicherweise gerne mit Fachbegriffen und Formalismen arbeiten, da sie eine gewisse Expertise anzeigen, lässt sich durch eine Schüleräußerung belegen. Nur Marcel gibt an, dass er gerne mit Fachbegriffen arbeitet und antwortet auf die entsprechende Frage:

*„Ja, gerne! Weil, wenn andere das z.B. nicht verstehen, dann wissen die: ‚Der weiß was!‘ So. Das finde ich auch ok.“*

Eine weitere Kontingenz ist bei den Schülerinnen der naturwissenschaftlich-objektiv unterwiesenen Gruppe zu erkennen. Nur bei ihnen korrelieren das Interesse am Schulfach Deutsch, ihr privates Leseverhalten und der Wunsch im Unterricht eine einfachere Sprache zu benutzen, die nicht durch fachwissenschaftliche Begriffe gekennzeichnet ist. Feyza beantwortet die Frage, wie sie im Fach Deutsch ihre Kompetenz einschätzt als „sehr gut“; und auch das Lesen zählt zu ihren bevorzugten Freizeitinteressen. Die naturwissenschaftlich-objektive Vermittlung im *teutolab* erinnert sie als schwierig:

*„Ich weiß ganz genau, dass ich hier (im teutolab) oft nachgefragt habe. Weil ich das irgendwie nicht kapiert habe.“*

Wie wichtig für sie eine positive affektive Lernumgebung ist, macht sie folgendermaßen deutlich:

*„Wir hatten erst bei einem Lehrer, da hab ich gar nichts kapiert. (...) Wenn man nachgefragt hat, konnte der das gar nicht erklären. Dann haben wir einen neuen Lehrer bekommen, da hat mir das viel mehr Spaß gemacht, weil er hat deutlich gesprochen. Er hat auch zwischendurch Witze gemacht und dann hat mir das angefangen Spaß zu machen.“*

Wenn auch an dieser Aussage nicht genau deutlich wird, worin die Besonderheit der mündlichen Vermittlung des Lehrers liegt, ist für Feyza die affektive Komponente im Lernprozess sehr wichtig.

Da sich nur die Schülerinnen in der naturwissenschaftlich-objektiv unterwiesenen Gruppe explizit zum Zusammenhang zwischen Sprache, Interesse und Verständnis äußern, kann angenommen werden, dass sie einen ausgeprägteren Bezug zur sprachlichen Vermittlung haben. Während die Schüler eher an den Phänomenen interessiert zu sein scheinen bzw. dem sprachlichen Prozess eine geringere Bedeutung beimessen, scheint eine angemessene sprachliche Vermittlung das Interesse an chemischen Phänomenen bei den Schülerinnen zu fördern. Die kognitionspsychologischen Erkenntnisse, die in Kapitel 2.3.3 dargestellt wurden, scheinen sich zu bestätigen, nämlich dass abstrakte und quantitative Fähigkeiten sowie räumliches Wahrnehmungsvermögen eher männliche Domänen darstellen, während verbale Kompetenzen eher weibliche Domänen sind. Zumindest lässt sich ein Zusammenhang zwischen den jeweiligen Ausprägungen und dem geschlechtsspezifischen Interesse vermuten, was sich durch die deutlichere Beeinflussung des naturwissenschaftlichen Interesses durch Sprache zeigt.

Demzufolge kann auch angenommen werden, dass eine verstärkt animistische Vermittlung bei den Schülerinnen sowohl eine positive affektive Bindung zum Lerngegenstand Chemie generieren würde, als auch das Verständnis und die Deutung der Phänomene erleichtern würde, wie auch Watts & Bentley (1994) allerdings eher vorsichtig anmerken.

### ***Kontingenzen in beiden Schülergruppen***

Einige Kontingenzen lassen sich nicht einer der beiden Vergleichsgruppen allein zuordnen. Dennoch sind sie hinsichtlich einer verstärkt animistisch ausgerichteten Vermittlung aufschlussreich.

Wie bereits erwähnt, äußert ein Großteil der Schüler, dass eine einfache Sprache verständnisfördernd ist, während der Gebrauch von Fachwörtern und Formalismen zu Verständnisschwierigkeiten führt. Verständnis wird von den Schülern weiterhin als Basis

eines situationalen Interesses angesehen. In diesem Zusammenhang wird von den Schülern wiederum auf die positive und verständliche Vermittlung im *teutolab* verwiesen, wobei die Äußerungen in der Gruppe der animistischen Vermittlung deutlich positiver sind (vgl. auch Kap. 22).

Regina, die animistisch unterwiesen wurde, stellt die Interrelationen deutlich dar. Eine einfache animistische Vermittlung führt bei ihr zu Verständnis und Interesse an chemischen Sachverhalten, während Fachbegriffe eher demotivierend sind. Für ihren eigenen Chemieunterricht wünscht sie schließlich eine Vermittlung, die derjenigen im *teutolab* ähnlich ist.

„Also, ich habe alles verstanden, was sie<sup>127</sup> gesagt hat. (...) Der Unterricht ist schwieriger. Ich hatte am Anfang eine andere Lehrerin, dann hatte ich das auch so verstanden. Die war auch so; die hat das auch so erklärt. Und dann beim Lehrer, als es gewechselt hat, da habe ich dann nicht mehr so ganz durchgeblickt. (...) Manche sprechen nur in so Fachbegriffen, da versteht man gar nichts. (...) Also, wenn es so wäre wie im *teutolab* – in der Schule, also im Chemieunterricht – dann hätte ich mehr Spaß daran, hätte ich auch so Interesse daran.“

Patrick stellt ebenfalls fest:

„Bei meinem Lehrer war das so, dass wir das alle eigentlich nie richtig verstanden haben. (...) Sie hat halt probiert (die studentische Hilfskraft im *teutolab*), das halt auch ohne Fachbegriffe zu erklären, damit wir das halt auch alle verstehen. (...) Ich habe halt gesehen, dass Chemie halt zwischendurch doch mal 'n bisschen Spaß machen kann, und ja, das hat mir dann schon 'n bisschen geholfen. (...) Wenn ich das halbwegs verstehe, macht das auch Spaß. Man muss es nur verstehen können.“

Aber auch in der naturwissenschaftlich-objektiv unterwiesenen Schülergruppe gibt es ähnliche Äußerungen.

Nelly arbeitet „lieber mit leichten, nicht mit Fachbegriffen, (...) weil man es dann irgendwie besser versteht.“ Und auch auf die Frage, was sie sich für den Chemieunterricht wünscht, antwortet sie eindeutig: „Auf die Fachbegriffe könnte ich verzichten!“

Franziska weist darauf hin, dass die umgangssprachliche und oftmals animistische Vermittlung im *teutolab* ihr Interesse geweckt hat und stellt diesen Unterschied zu

---

<sup>127</sup> Rebecca, eine studentische Hilfskraft, die animistisch erklärt hat.

Schule deutlich heraus. Interesse ist für sie das entscheidende Moment im Schulunterricht, um sich mit einem Lerngegenstand auseinanderzusetzen:

*„Ich meine, es kommt immer auf das Thema an, was man bespricht. Also, wenn das partout ein Thema ist, was richtig langweilig ist, und was überhaupt keinen interessiert, dann kann das auch noch so schön aufgemalt sein und so. Da kann man mich dann auch nicht mit begeistern.“*

An ihrer Äußerung werden dessen ungeachtet auch die Grenzen verständlicher Vermittlung aufgezeigt. Zwar ist eine derartige Vermittlung in der Lage Interesse zu wecken, dieses gelingt jedoch nur bedingt und nicht in jedem Falle.

Zusammenfassend wird der in Kapitel 2.4.4 dargestellte Zusammenhang, dass (situationales) Interesse eng mit Kompetenzerleben verknüpft ist, durch die Schüleraussagen bestätigt. Und das Konzept des *teutolabs* allgemein, sowie eine animistische Vermittlung im Speziellen scheinen Kompetenzerleben zu fördern, wie die positive Kritik der schriftlichen Anleitungen und mündlichen Vermittlung bestätigen. Die immer wieder bei den Schülern auftretenden Verständnisschwierigkeiten sobald Fachsprache und Formalismen im Vermittlungsprozess erscheinen, sollten insbesondere im Anfangsunterricht Chemie stärker berücksichtigt werden. Das kognitive Niveau der Schüler im Anfangsunterricht Chemie scheint noch nicht in dem Maße ausgeprägt zu sein, dass ein konfliktfreier Umgang mit der chemiespezifischen Fach- und Symbolsprache sowie den damit zusammenhängenden Modellen möglich ist.

Die Schüler stellen zwei zentrale Kennzeichen einer guten chemischen Lernumgebung immer wieder heraus. Einerseits wünschen sie eine verständliche und an ihrer Sprache angelehnte Vermittlung und andererseits fordern sie vermehrt experimentelle, selbsttätige Phasen im Vermittlungsprozess. Beide Aspekte werden laut wiederholter Schüleraussagen im *teutolab* der Universität Bielefeld offenbar mehr als befriedigend berücksichtigt. Weniger einflussreich scheint hingegen die Person des Lehrers zu sein. So lassen sich nur bei zwei Schülern Korrelationen zwischen der Lehrperson und ihrem persönlichen Interesse an chemischen Sachverhalten erkennen. Feyza stellt, wie bereits erwähnt, den Zusammenhang zwischen der Lehrperson und der damit verbundenen affektiven Tönung der Lehrsituation heraus (vgl. Äußerung S. 171). Und auch Fabian erwähnt explizit den Einfluss der Lehrperson. Durch einen „*lockeren Unterricht*“ empfindet er mehr Spaß am Fach Chemie. Man muss sich hier fragen, ob sich die Aussage ableiten lässt, dass Lehrpersonen im Gegensatz zu anderen Faktoren schulischen Ler-

nens eher einen sekundären Einfluss haben. Dies widerspräche empirischen Untersuchungen, wie z.B. von Helmke & Schrader 1990, Gruehn 1995 und Krapp 1998, welche diesen Einfluss herausstellen. In eigenen Untersuchungen und durch Metaanalysen anderer empirischer Untersuchungen kommen sie zu dem Schluss, dass sowohl eine hohe pädagogische als auch eine hohe sozioemotionale Kompetenz des Lehrers den Lernprozess positiv beeinflussen. Werden durch den Lehrer Unterrichtsmerkmale gefördert, welche die inhaltlich-methodische Ausgestaltung des Unterrichts fördern, wie z.B. effiziente Klassenführung, geringer Leistungsdruck, niedriges Interaktionstempo und nicht-sprunghafter Unterricht, zeigen sich positive kognitive Effekte bei den Schülern. Schafft der Lehrer weiterhin ein emotional warmes Klima, dass durch eine positive Schülerorientierung sowie durch eine hohe sozialdiagnostische Kompetenz gekennzeichnet ist, werden auch nichtkognitive Ziele im Unterricht erreicht, wie z.B. die Förderung positiver Selbsteinschätzung, selbständiges Arbeiten und eine positive Einstellung zu Schule und Unterricht. Zusammenfassend erweist sich „die wahrgenommene pädagogische und sozioemotionale Kompetenz des Lehrers als entscheidend dafür, ob bei einer positiven Leistungsentwicklung eine positive nichtkognitive Entwicklung erreicht wird.“ (Gruehn 1995, S. 546).

Auch wenn die Schüler der vorliegenden empirischen Studie diese Sachverhalte nicht explizit erwähnen, darf nicht angenommen werden, dass sie für sie irrelevant seien.

Im Folgenden sollen anhand zweier Einzelfallanalysen die bisher im größeren Zusammenhang dargestellten Ergebnisse verdeutlicht werden. Dazu wird aus beiden Gruppen jeweils ein Schüler näher analysiert. Die in der Gesamtheit der Stichprobe erhaltenen Ergebnisse lassen sich somit vermutlich auch im Einzelfall aufzeigen.

### **4.3 Zwei Einzelfallanalysen**

Es sollen an dieser Stelle zwei Interviews genauer analysiert werden, um zu untersuchen, ob die bisherigen Ergebnisse und Kontingenzen bestätigt werden können. Allgemein können derartige Einzelfallanalysen die aus den vorliegenden Ergebnissen gemachten theoretischen Annahmen weiter ausdifferenzieren, in Frage stellen oder verändern. Sie werden als letzter Schritt qualitativer Inhaltsanalyse angesehen, da die Ergeb-

nisse, die sich im Verfahren vom Einzelfall wegbewegen, wieder auf diesen zurückgeführt werden.

Einzelfallanalysen haben allgemein eher deduktiven Charakter. Da Einzelfallanalysen bestehenden Regelmäßigkeiten untergeordnet werden, um letztere zu bestätigen, also eine bewährte Regel auf einen definierten Fall angewendet wird, erfährt man auf diese Weise wenig Neuwertiges. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von tautologischen Deduktionen. Jedoch ist dies nicht ihr einziger Charakter. Sie sind auch, und hier wird ihr Status als qualitatives Paradigma deutlich, wahrheitsübertragend, nämlich in dem Sinne, dass sie der zur Anwendung gebrachten Regel Gültigkeit verleihen (Reichertz 2000, S. 279).

Die berücksichtigten Interviews der Einzelfallanalysen sind im Anhang (Kap. 7) komplett aufgeführt.<sup>128</sup>

### 4.3.1 Einzelfallanalyse: Regina

#### *Zur Person:*

Regina ist Schülerin einer Realschule. Ihre Leistungen sind laut Angaben ihres Lehrers im Fach Chemie gut bis befriedigend. Im Unterricht zeigt sie keine Auffälligkeiten und sie kann als „durchschnittliche“ Schülerin betrachtet werden. Im Rahmen dieser Studie wurde sie im *teutolab* animistisch unterwiesen. Das Interview mit ihr war durch eine freundliche und offene Atmosphäre geprägt.

Durch die Äußerungen Reginas lassen sich viele Tendenzen, die sich in der Gesamtheit der Interviews gezeigt haben (Kap. 4.1, 4.2), bestätigen.

Regina kann sich an die naturwissenschaftliche Deutung der Experimente nahezu nicht erinnern. Dies zeigt sich im Interview auch an ihren „Denkpausen“ und ihrem geringen Redeanteil. Zwar wusste sie noch, welche Versuche sie durchgeführt hat und welche Chemikalien bzw. Zutaten für die Versuche benötigt wurden, doch deren chemische Funktionen ist ihr nicht mehr bekannt, wie viele Aussagen zeigen (14-228).<sup>129</sup> Vielmehr äußert sie sich rein phänomenologisch zu den Versuchen (30ff, 64ff, 152ff). Auch die

---

<sup>128</sup> Es wurden lediglich einige Textpassagen angepasst und orthographisch korrigiert, um eine bessere Lesbarkeit zu erzielen.

<sup>129</sup> Alle in den Klammern aufgeführten Zahlen beziehen sich, wenn nicht anders erwähnt, auf die Zeilennummerierung der Interviews im Anhang (Kap. 7.3).

Fachbegriffe der eingesetzten Chemikalien sind ihr nicht mehr geläufig. Auf explizite Nachfragen, ob sie noch die Funktion von HCl, NaOH oder Glycerin kennt, antwortet sie ausweichend oder falsch (190-200).

Und auch die Funktion einzelner Arbeitsschritte beantwortet sie nur ratend. Auf die Frage z.B., warum man die Flüssigkeit bei der Herstellung der Stärkefolie erhitzt habe, glaubt sie, es diene dem Vermischen der Edukte (213-218).

Generell schienen Regina Fachbegriffe Schwierigkeiten zu bereiten, obwohl ihr bewusst ist, dass Fachbegriffe zum sprachlichen Repertoire der Berufsschemiker gehören (329). Wiederholt äußert sie, dass Fachbegriffe im Unterricht das Verständnis behindern. Im Vergleich zum Schulunterricht bewertet sie die Vermittlung im *teutolab* positiv, da dort weitestgehend auf Fachbegriffe und Formalismen verzichtet wurde. Diese Bewertung ist durch deutlich mehr Redeanteil ihrerseits im Interview gekennzeichnet. So äußert sie z.B., dass sie alles verstanden habe, was ihr die studentische Hilfskraft erläutert hat, da diese auf schwierige Begriffe verzichtet und nur „mit leichten Worten erklärt“ hat (275-278). An anderer Stelle führt sie aus: „Also in Chemie finde ich es irgendwie schwer – den Unterricht. Weil verschiedene Wörter sind – so alkalisch und nichtalkalisch und so.“ (314-316). An derartigen Aussagen lässt sich deutlich der allgemeine Trend in den Interviews bestätigen, dass Fachbegriffe im Anfangsunterricht Chemie verständnis-hemmend sind, wohingegen der Verzicht auf diese Begriffe und eine einfache, verständliche Sprache von den Schülern bevorzugt wird. Und auch wenn Regina der animistische Charakter der *teutolab*-Vermittlung nicht bewusst ist, bewertet sie diese wiederholt als leicht, verständlich und interesselördernd. Sie stellt diesen Zusammenhang explizit dar, indem sie sagt:

„Also, wenn es so wäre wie im *teutolab* – in der Schule, also im Chemieunterricht – dann hätte ich mehr Spaß daran, hätte ich vielleicht auch so Interesse daran.“ (304f).

Persönliche Erfahrungen Reginas unterstreichen ihre Aussage:

„Ich hatte am Anfang eine Lehrerin, dann hatte ich das auch verstanden. Die war auch so, die hat das auch so, die hat das auch so irgendwie erklärt. Und dann beim Lehrer, als es gewechselt hat, da habe ich dann nicht mehr – nicht so ganz durchgeblickt.“ (283-285).

Weiterhin scheint der Unterricht ihrer Lehrerin auch nachhaltiger gewirkt zu haben. So gibt Regina an, dass ihr *„auch noch mehr geblieben (ist), als in diesem achten Jahr, wo ich dann bei meinem Lehrer hatte.“* (385f)

Dieser von ihr erwähnte Chemielehrer scheint an der Schule verstärkt naturwissenschaftlich-objektiv zu unterrichten, *„nur in diesen Fachbegriffen, da versteht man gar nichts.“* (378f). Dieses führt bei ihr wiederum zu schlechteren Leistungen:

*„Dann ist der Lehrer gekommen. Da hatte ich dann so eine schwache Note, das war fast schlecht.“* (370f).

Diese Äußerungen sind nur mit Vorbehalt allein auf die Vermittlung des Lehrers zu beziehen. Auch andere Merkmale, wie z.B. seine Persönlichkeit oder auch thematische Gründe können zu Reginas Aussagen geführt haben. Dennoch zeigen sie ausdrücklich den bedeutsamen Zusammenhang zwischen affektiven und kognitiven Faktoren des Lernprozesses auf (vgl. auch Kap. 2.3.2).

Aber nicht nur fachwissenschaftliche Begriffe bereiteten Regina Schwierigkeiten. Auch andere typisch chemische Formalismen wie z.B. das Periodensystem der Elemente oder bestimmte Modellvorstellungen sind problematisch:

*„Ja, das Periodensystem, genau, das kann ich mir irgendwie nicht vorstellen. Und diese ganzen Moleküle, wie die alle so aussehen, das... kann das überhaupt sein? (...) Irgendwie nicht so.“* (400-402).

Aufgrund dieses Sachverhaltes bewertet Regina auch die schriftlichen Anleitungen positiv. Insbesondere die Bilder der Anleitungen halfen ihr, die Durchführung und eventuell auch den naturwissenschaftlichen Hintergrund der Experimente besser zu verstehen. Affektiv äußert sie explizit, dass ihr *„es gefallen (hat), dass da Bilder waren.“* (233). Dieses scheint sich aber auch kognitiv auszuwirken. Wiederholt äußert sie, dass die Art der Anleitungen das Verständnis gefördert hat: *„Und hier steht das, dass es sogar die Dümmeren verstehen.“* (234f). An anderer Stelle wünscht sie sich ähnliche Anleitungen für den Schulunterricht, wobei das im Unterricht benutzte Chemiebuch negativ bewertet wird: *„Das war da (im Chemiebuch) irgendwie schwieriger. Wir haben das zwar nicht so oft benutzt, aber da war es irgendwie schwieriger.“* (256f). Und auf die Frage, womit sie im Unterricht bevorzugt arbeiten würde, antwortet sie: *„Mit solchen Anleitungen.“*

*Weil die sind irgendwie besser zu verstehen mit den Bildern und so den Erklärungen.*“ (265).

Die Überlegungen Reginas zu den schriftlichen Anleitungen und deren bildhaftem Charakter münden in ihrer Aussage: *„Bilder sagen mehr aus als tausend Worte!“* (245).

Ist diese Aussage auch stark emotional gefärbt, macht sie dennoch deutlich, dass Bilder, wenn auch nicht kognitiv, so doch zumindest affektiv-emotional den Zugang zum naturwissenschaftlichen Phänomen erleichtern können (vgl. auch Kap. 2.4.5).

Wenn auch in dem Interview mit Regina deutlich wird, dass eine animistische Vermittlung im naturwissenschaftlichen Unterricht eine positive affektive Bindung zum Lerngegenstand erzeugen kann und somit potenziell interessegenerierend ist, lassen sich nachhaltige kognitive Effekte oder sogar ein *Conceptual Change* nicht nachweisen. Einerseits wird dies durch die unbefriedigenden Antworten bezüglich der naturwissenschaftlichen Deutung der Experimente deutlich, andererseits scheint sich der *teutolab*-Besuch auch auf den Schulunterricht oder das Freizeitverhalten nicht nachhaltig ausgewirkt zu haben (349-356; 443-458). Allerdings wäre ein derartiger Effekt nach einer nur einmaligen Intervention sehr überraschend.

Nicht unerwähnt bleiben sollen neben Reginas Aussagen zur animistischen Vermittlung auch ihre allgemeinen Äußerungen zum *teutolab* sowie dessen Konzept.

Insbesondere die Auswahl der Experimente wird von Regina sehr positiv bewertet. Der Gebrauch von Alltagsgeräten zur Herstellung von Stärkekleber bzw. Stärkopor wird dabei ebenso erwähnt, wie die Alltagstauglichkeit der hergestellten Produkte (17-25). Ebenso sind ihr die Umweltverträglichkeit der Stärkefolie und der Gebrauch von Stärke als Alternative zu fossilen Ausgangsmaterialien in Erinnerung geblieben (225f). Weiterhin stellt sie das eigenständige Experimentieren sowie generell die freundliche und die Schüler ernst nehmende Atmosphäre positiv heraus (17; 276; 320.322; 486), was in ihrem Wunsch mündet, dass *teutolab* noch einmal besuchen zu wollen; wenn möglich auch in ihrer Freizeit.

Zusammenfassend lassen sich am Beispiel Reginas viele Erkenntnisse aufzeigen, die sich auch in der Gesamtheit der Schüleraussagen finden lassen:

- Animistische Anleitungen und eine animistische Vermittlung werden affektiv positiv bewertet und
- sind verständnis- sowie interessefördernd,

- Schüler im Anfangsunterricht Chemie scheinen aufgrund ihrer kognitiven Entwicklung Schwierigkeiten mit Fachbegriffen und Formalismen zu haben, wie sie in den Naturwissenschaften üblich sind,
- die Korrelation zwischen verständlicher animistischer Sprache, Freude am Lerngegenstand und Interesse lässt sich aufzeigen und
- das *teutolab*-Konzept scheint das Kompetenzerleben der Schüler zu fördern.

### 4.3.2 Einzelfallanalyse: Joana

#### *Zur Person:*

Joana ist Schülerin eines Gymnasiums. Ihre Leistungen im Fach Chemie, dass sie zum Zeitpunkt des Interviews nicht mehr hat, lagen nach Lehrerangaben im eher guten Bereich. Im Unterricht zeigt sie sich meist engagiert und bisweilen leicht extrovertiert. Auch im Interview hat sie dieses Verhalten oftmals gezeigt.

In den Äußerungen Joanas werden, ähnlich wie in der vorangegangenen Einzelfallanalyse, viele Ergebnisse der umfassenden Interviewanalyse (Kap. 4.1, 4.2) bestätigt.

Ihre Erinnerungsfähigkeit hinsichtlich der im *teutolab* durchgeführten Versuche ist eher oberflächlich. Ähnlich wie Regina (Kap. 4.3.1) erinnert sie sich hauptsächlich an die Durchführung der Versuche, die dabei verwendeten Geräte sowie einige bekannte Chemikalien bzw. Zutaten.

Zur Herstellung von *Stärkekleber* beispielsweise kann sie noch die Zutaten Wasser, Gelatine und Stärke auflisten. Und auch dass eine Mikrowelle verwendet wurde, ist ihr noch im Gedächtnis. Die einzige Chemikalie im engeren Sinne, nämlich die verwendete Sorbinsäure, hat sie jedoch vergessen, ebenso wie die Funktionsweise des Klebers (552-559; 585ff).<sup>130</sup>

Gleiches wiederholt sich in ihren Aussagen zur Alkoholherstellung bzw. –destillation. Während sie noch oberflächlich erklären kann, dass eine bestimmte Substanz bei der Herstellung eingesetzt wurde (i.e. Diastase), kann sie diese jedoch weder benennen, noch ihre genaue Funktion erläutern (612-623).

---

<sup>130</sup> Auch hier beziehen sich alle in Klammern aufgeführten Zahlen auf die Zeilennummerierung des Interviews im Anhang (Kap. 7.4).

Der Trend, der sich allgemein in den Interviews der naturwissenschaftlich-objektiv unterwiesenen Gruppe zeigt, wird durch Joana bestätigt. Die Erinnerungsfähigkeit ist eher schlecht und bezieht sich vermehrt auf den phänomenologischen Aspekt der Versuche; und auch die Fachbegriffe wurden nicht erinnert oder bereiten Schwierigkeiten.

Zwar ist Joana bewusst, dass Fachbegriffe im Bereich der Chemie notwendig sind und dass Berufskemiker diese alltäglich (719f) benutzen, dennoch würde sie im eigenen Chemieunterricht eher darauf verzichten wollen. Dass scheint teilweise so weit zu führen, dass ihr grundsätzliches Interesse am Fach Chemie durch die verwendeten Fachbegriffe gemindert wird:

*„Es macht eigentlich, mir persönlich macht es Spaß. Es ist zwar manchmal ein bisschen anstrengend, ein paar Werte zu notieren und zu lernen und sich bestimmte Namen zu merken oder die Reaktionen.“ (882-885).*

An anderer Stelle vergleicht sie Chemie mit dem Schulfach Mathematik, dass ebenfalls durch die verwendeten Fachbegriffe und Formalismen oftmals unverständlich wirkt.<sup>131</sup>

*„Ich finde, das ist ähnlich wie in Mathe. Insgesamt nicht besonders verständlich. Aber wenn man sich da so reingefunden hat, dann geht es eigentlich. Und wenn man nicht nur in Fachausdrücken redet, dann ist das auch eigentlich in Ordnung.“ (907-909).*

Die naturwissenschaftlich-objektive Vermittlung im *teutolab* ist ihrer Ansicht nach durch viele Fachbegriffe gekennzeichnet und somit anfangs unverständlich. Relativiert werden ihre Aussagen diesbezüglich aber durch Äußerungen, in denen sie verdeutlicht, dass unverständliche und unbekannte Fachbegriffe durch die studentische Hilfskraft in einer einfachen Sprache noch mal erläutert wurden:

*„Es war manchmal... manchmal war es ein bisschen kompliziert, was zu verstehen. Aber wenn man dann nachgefragt hat, dann hat er es auch noch mal erklärt.“ (692f).*

An anderer Stelle äußert sie sich ähnlich:

---

<sup>131</sup> Formalismen scheinen aber nicht nur im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich unerwünscht zu sein. Auch im Deutschunterricht wirken sich derartige Inhalte negativ auf das Interesse aus. Joana, deren „Lieblingsfach“ Deutsch ist (920), lässt sich zu einer stark emotionalen negativen Äußerung in diesem Zusammenhang hinreißen: „Grammatik hasse ich!“ (925).

#### 4. Ergebnisse

---

*„Er hat schon Fachbegriffe benutzt, aber dann hat er sie uns halt auch erklärt, was das bedeutet. Und wenn er es halt nicht erklärt hat, dann konnten wir noch mal nachfragen.“ (724f).*

Eine vermehrt naturwissenschaftlich-objektive Vermittlung scheint für Schüler im Anfangsunterricht Chemie oftmals unverständlich zu sein und baut folglich eine negative affektive Barriere zum Lerngegenstand auf, was letztendlich zu einem nachlassenden Interesse führen kann. Erst wenn durch eine einfache und teilweise auch animistische Sprache diese Unverständlichkeiten ausgeräumt sind, baut sich bei den Schülern ein Interesse an chemischen Sachverhalten auf. Der Trend, der sich in der Gesamtheit der Interviews zeigt, wird durch Joana somit bestätigt.

Chemische Modelle scheinen für Schüler des Anfangsunterrichts Chemie ebenfalls problematisch zu sein. Sie sind unverständlich, was unter anderem auf die noch nicht voll ausgebildete formal-logische kognitive Kompetenz zurückzuführen ist. Joana äußert sich stark emotional zu den im Unterricht benutzten chemischen Modellen und zeigt sich bei ihrer Verwendung „schockiert“:

*„Und dann habe ich manchmal auch Probleme, mir so im Unterricht vorzustellen, weil das doch manchmal ziemlich komisch klingt. Also, es ist dann halt so eine Art Schock, also nicht wirklich. Aber man versteht es nicht so auf Anhieb, weil es halt nicht so was Alltägliches ist, wo man so im Alltag so konfrontiert wird, oder so drüber nachdenkt.“ (898-903).*

Auch wenn Joana ihre stark emotionale Äußerung relativiert, zeigt sich doch der Wunsch nach Modellen, die näher der Erfahrungswelt der Schüler entlehnt sind. Animismen mit ihrem subjektivierenden und personifizierenden Charakter könnten Alternativen sein.

Ebenso wie die Schüler der animistisch unterwiesenen Gruppe, haben die Schüler der naturwissenschaftlich-objektiv unterwiesenen Gruppe die schriftlichen Anleitungen im *teutolab* positiv bewertet, obwohl sich beide Versionen bezüglich der graphischen Darstellungen unterscheiden. Joana verdeutlicht durch ihre Aussagen, warum auch die naturwissenschaftlich-objektiv gestalteten Anleitungen positiv bewertet werden. So sind die Graphiken verständnisfördernd, da sie die relevante Information hervorheben und auf das Wesentliche reduzieren. Dadurch stellt sich ein schnelles Verständnis ein, wohingegen Anleitungen aus den üblichen Schulbüchern durch den begleitenden umfang-

reichen Text demotivierend und zu komplex erschienen. Eine Vielzahl an Kommentaren belegt diesen Sachverhalt.

*„Was besonders auffällt, dass besondere, also Sachen, die wichtig sind, dass sie dick gedruckt sind. Und dass es mit Bildern ganz gut erklärt ist. Also nicht so einfach alles so runter geschrieben, sondern alles auch mit so ein paar Symbolen und dann auch erklärt ist, was zu tun ist. Und das ist halt praktischer gestaltet ist. (...) Und das ist ziemlich übersichtlich. Leicht verständlich“ (734-740).*

Im Chemieunterricht werden die vorgesehenen Bücher nach ihrer Aussage kaum benutzt. Vielmehr erstellt der Lehrer Arbeitsblätter, die im Vergleich zu den *teutolab*-Anleitungen jedoch negativer bewertet werden, insbesondere wenn sie sich auf den experimentellen Teil des Chemieunterrichts beziehen:

*„Also, ich find diese Zettel, die wir hier gekriegt haben, eindeutig besser, weil da versteht man sofort, was gemeint ist und das ist halt auch geordnet und nicht so... Bei den Chemiebüchern oder Zetteln, da kriegt man meistens einen Text vorgesetzt. Und dann werden die Zutaten erst nach und nach eingeführt. Und hier steht gleich, was man sich da zurecht legen muss. Und das ist ein bisschen einfacher.“ (778-782).*

Bilder scheinen in der naturwissenschaftlich-objektiv unterwiesenen Gruppe zumindest die praktische Durchführung der Experimente zu vereinfachen. Ob sie auch einen tiefergehenden kognitiven Verarbeitungsprozess unterstützen (vgl. Kap. 2.4.5), lässt sich weder in den Aussagen Joanas noch in der Gesamtheit der Schüleräußerungen eindeutig nachweisen.

Eine tiefergehende kognitive Veränderung (Conceptual Change) lässt sich auch in anderen Aussagen Joanas nicht nachweisen. Sie bewertet den Einfluss des *teutolabs* und im Speziellen dessen Vermittlung auf den Schulunterricht als marginal. Unterschiede sieht sie nur im experimentellen Anteil beider Lernumgebungen, wobei das *teutolab* positiv erinnert wird, da dort die Experimente über einen längeren Zeitraum durchgeführt werden konnten (823-830). Im Schulunterricht scheint dagegen der starre institutionalisierte zeitliche Rahmen einer Unterrichtsstunde eine derartige experimentelle Auseinandersetzung nicht zu ermöglichen.

Neu erlangte naturwissenschaftliche Konzepte sind in den Äußerungen Joanas nur bedingt auszumachen. Sie äußert sich explizit nur zur Funktion der Hefe beim Gärprozess

(841-843) und erwähnte die Funktionsweise einer Destillationsapparatur als neu erlernt (851-855). In diesem Zusammenhang von einem naturwissenschaftlichen *conceptual change* zu sprechen, erscheint jedoch als unangemessen.

Ähnlich wie Regina aus der animistisch unterwiesenen Gruppe (Kap. 4.3.1) scheint auch das Konzept des *teutolabs* einen nachhaltigen positiven Eindruck bei Joana hinterlassen zu haben. Insbesondere der ausführliche experimentelle, durch Selbsttätigkeit gekennzeichnete Anteil wird hervorgehoben (506-509; 823-830). Der Wunsch Joanas, den Besuch im *teutolab* zu wiederholen, spiegelt die ansprechende Atmosphäre des *teutolabs* wider. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass Joana generell ein naturwissenschaftliches Interesse besitzt, wie einige Aussagen zu ihrem Freizeitverhalten untermauern (948-971).

Zusammenfassend lassen sich auch am Beispiel Joanas viele Erkenntnisse manifestieren, die sich in der Gesamtheit der Schüleraussagen finden lassen:

- Eine verstärkt naturwissenschaftlich-objektive Vermittlung, die durch den häufigen Gebrauch von Fachbegriffen gekennzeichnet ist, wirkt oftmals unverständlich im Anfangsunterricht Chemie und baut eine affektive Barriere zum Lerngegenstand auf.
- Schüler im Anfangsunterricht Chemie wünschen demzufolge und aufgrund ihrer kognitiven Entwicklung einen Verzicht auf Fachbegriffe und Formalismen, wie sie in den Naturwissenschaften üblich sind.
- Dieser Verzicht wirkt sich verständnis- sowie interesselördernd aus.
- Die Korrelation zwischen verständlicher Sprache, Freude am Lerngegenstand und Interesse lässt sich aufzeigen und
- das *teutolab*-Konzept scheint das Kompetenzerleben der Schüler zu fördern.

### 5. Diskussion der Ergebnisse und Perspektiven

#### 5.1 Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse

Das Ziel der vorliegenden empirischen Untersuchung bestand darin, die Rolle der Animismen bei der Vermittlung chemischer Sachverhalte im Anfangsunterricht Chemie zu untersuchen. Den Ausgangspunkt bildeten Ergebnisse einer Vielzahl empirischer Studien, die bei Schülern der Sekundarstufe I ein nachlassendes Interesse am Fach Chemie während der Schulzeit nachgewiesen haben. Ursächlich hierfür wurden von befragten Schülern wiederholt Verständnisschwierigkeiten hinsichtlich des submikroskopischen Bereiches genannt. Die im Bereich der Chemie obligatorisch verwendeten Formalismen und abstrakten Modelle verwehren demnach den Schülern sowohl einen affektiven als auch einen kognitiven Zugang zu chemischen Sachverhalten.

Es stellt sich die Frage, ob eine verstärkt animistisch ausgerichtete Vermittlung hier einen Ausweg bieten kann. Unter dem Begriff des Animismus wird im Rahmen der Naturwissenschaftsdidaktik eine Beseelung der unbelebten Natur mittels Analogie- und Metaphernbildung verstanden. Dabei soll eine Brücke gebildet werden zwischen der Erfahrungswelt der Schüler und dem für sie oftmals noch unbekanntem Bereich der unbelebten Phänomene. Dieses gelingt durch eine Übertragung von vertrauten Eigenschaften der belebten Natur auf Phänomene der unbelebten Natur, sei es, dass die Phänomene beseelt werden, ein Bewusstsein erhalten oder dass ein körperlicher Bezug hergestellt wird.

In der vorliegenden Interventionsstudie wurde versucht, eine Bestätigung zu den folgenden, in Kapitel 3.1 formulierten Hypothesen zu erhalten, nämlich dass erstens der bewusste Einsatz von Animismen in der Vermittlung chemischer Sachverhalte eine positive affektive Bindung zum Fach Chemie generiert (1), zweitens Animismen aufgrund ihrer guten Verständlichkeit zu einem nachhaltigen motivationalen Effekt führen (2) und schließlich den Schülern der Modellcharakter der Animismen bewusst ist (3).

Die Durchführung der Untersuchung lässt sich aufgrund der Tatsache rechtfertigen, dass die fachdidaktische Diskussion einer animistischen Vermittlung in der Vergangenheit (insbesondere als Folge des so genannten Sputnikschocks) eher zu einer ablehnenden Haltung führte; allerdings ohne diese empirisch zu untermauern. Vielmehr basierten die Argumente in dieser Diskussion auf den kognitionspsychologischen Thesen Piagets

sowie auf den sprachphilosophischen Ausführungen der empirischen und rationalistischen Philosophie. Neuere Erkenntnisse der Entwicklungs- und Kognitionspsychologie sowie Überlegungen, die aus der Krise der Moderne erwachsen, wurden nicht berücksichtigt.

Die Ergebnisse der durchgeführten Interventionsstudie sowie der etwa vier Monate später nachfolgenden Interviewstudie bestätigen alle drei oben genannten Hypothesen.

*Zu Hypothese (1): Der bewusste Einsatz von Animismen in der Vermittlung chemischer Sachverhalte generiert eine positive affektive Bindung zum Fach Chemie.*

Diese sehr allgemein gehaltene Hypothese lässt sich durch eine Vielzahl von Schüleräußerungen belegen, die mittels teilstrukturierter Interviews erhoben wurden. Während die Vermittlung chemischer Sachverhalte im Schulunterricht von den Schülern häufig negativ beurteilt wird, was insbesondere auf den Gebrauch fachsprachlicher Begriffe und typischer Formalismen beruht, scheint der bewusste Einsatz von Animismen verständnisfördernd zu sein. Die leicht verständliche und an den Soziolekt der Schüler angelehnte animistische Vermittlungssprache im *teutolab* erleichtert den Zugang zu dem für die Schüler oftmals noch unbekanntem bzw. negativ besetzten Bereich unbelebter naturwissenschaftlicher Phänomene. Das hat wiederum zur Folge, dass Schüler nicht nur die Vermittlung positiv affektiv beurteilen, sondern dass infolgedessen auch chemische Inhalte positiv affektiv bewertet werden. Die immer wieder auftretende Äußerung, Chemie mache Spaß, wenn die Vermittlung wie im *teutolab* stattfinde, kann hier als Indikator dienen.

Und auch der Vergleich der unterschiedlich unterwiesenen Gruppen bestätigt Hypothese (1). Wurde nämlich im *teutolab* verstärkt naturwissenschaftlich-objektiv erklärt, also mit einer Vielzahl chemischer Fachbegriffe, fielen die Schüleräußerungen erkennbar negativer auf affektiver Ebene aus.

Die positive affektive Bewertung animistischer Vermittlung legt weiterhin die Überlegung nahe, dass sie auch einen nachhaltigen positiven kognitiven Effekt erzielen könne. Zwar lässt sich dieser positive kognitive Effekt in den Schüleräußerungen nicht nachweisen, da sich die Erinnerungsfähigkeit bei den Schülern eher auf phänomenologische Aspekte der Versuche beschränkt und naturwissenschaftliche Deutungen nur in Ausnahmen zu erkennen sind; der jedoch immer wieder in der Kognitionspsychologie er-

wähnte enge Zusammenhang zwischen Affekt und Kognition lässt diese Schlussfolgerung zu.

Krapp diskutiert die gegenseitige Beeinflussung affektiver und kognitiver Momente und fasst aktuelle kognitionspsychologische Erkenntnisse zusammen:

„Vieles spricht dafür, daß ein mit positiven Erlebensqualitäten erworbenes Wissen nach einer längeren Latenzphase nicht nur besser erinnert, sondern mit höherer Wahrscheinlichkeit erneut aktiviert und gegebenenfalls selbständig erweitert wird.“ (Krapp 1998, S. 196).

Zu Hypothese (2): *Animismen führen aufgrund ihrer guten Verständlichkeit zu einem nachhaltigen motivationalen Effekt.*

Eine Vielzahl von Schüleraussagen bestätigt diese Hypothese. Der wiederholt erwähnte, auf einer verständlichen und einfachen Vermittlungssprache beruhende Zusammenhang von verständlichen Inhalten und sich einem daraus entwickelnden generellen Interesse an Chemie zeigt die motivationale Funktion verständlicher Sprache, und hier im engeren Sinne animistischer Sprache, auf.

Die Vermittlung chemischer Inhalte im *teutolab* mit Hilfe animistischer Erklärungen hinterlässt einen derart positiven motivationalen Effekt bei den Schülern, dass er bei ihnen auch über einen Zeitraum von mehreren Wochen andauert. Auch wenn inhaltliche Fragen kaum korrekt beantwortet werden können, erinnern sich die Schüler gut an die verständlichen Erklärungen und die ansprechenden schriftlichen Anleitungen und wünschen sich oftmals eine derartige Vermittlung für den schulischen Chemieunterricht. Sie äußern explizit, dass die verständliche und ohne Fachbegriffe durchgeführte Vermittlung motivierend für sie war und sich daraus zumindest ein situationales Interesse ergeben hat.

Dass aus motivationalen Aspekten ein situationales Interesse erwachsen kann, ist in der Motivationspsychologie allgemein Konsens (z.B. Krapp 1998; Köller 1996). Weiterhin wird angenommen, dass sich unter geeigneten Bedingungen aus einem kurzfristigen situationalen Interesse ein dauerhaftes individuelles Interesse entwickeln lässt. Dieser Transformationsprozess ist aber oftmals eine schwer zu überwindende Hürde im Vermittlungsprozess. Während die „catch-Komponente“ (Mitchell 1993) im Vermittlungsprozess relativ problemlos berücksichtigt werden kann, während sich also die Aufmerksamkeit der Schüler relativ leicht auf ein bestimmtes Thema lenken lässt, kann sich die-

se Aufmerksamkeit nur schwer kontinuierlich aufrechterhalten lassen. Erst wenn die Schüler den Lerninhalt als etwas persönlich Sinnvolles wahrnehmen, kann man von einer erfolgreichen Beachtung der „hold-Komponente“ (Mitchell 1993) ausgehen. Emotionale Erfahrungen spielen dabei eine entscheidende Rolle. Ist die Bilanz der Erfahrungswerte während des Lernprozesses positiv für den Lerner, kann überhaupt von einer dauerhaften Auseinandersetzungsbereitschaft mit dem neuen Lerngegenstand ausgegangen werden (Krapp 1998, S. 192).

Dieser Sachverhalt wird auch durch die erweiterte Erwartungs-Wert-Theorie der Leistungsmotivation nach Eccles et al. bestätigt (Eccles, Wigfield & Schiefele 1998, Wigfield & Eccles 2000, Eccles & Wigfield 2002). Dieses Modell diskutiert neben einer Vielzahl anderer einflussreicher Faktoren einer Gegenstandsauseinandersetzung (z.B. Elternhaus, soziales Umfeld, kulturelles Milieu, Selbstkonzept) auch die Rolle emotional-affektiver Faktoren.

Im Falle der vorliegenden Studie sollte der naturwissenschaftliche Gegenstand durch eine verstärkt animistisch gekennzeichnete Auseinandersetzung einen stärkeren positiven emotional-affektiven Charakter erhalten. Dies hat wiederum eine stärkere Faszination zur Folge, die durch ein stärkeres Interesse und durch Spaß an der selbstintentionalen Auseinandersetzung mit ihm (und im weiteren Sinne mit dem Schulfach Chemie) gekennzeichnet ist. Der Aufwand der Gegenstandsauseinandersetzung wird durch den seinen gesteigerten Wert langfristig als weniger negativ bewertet; dieses natürlich nur unter der Voraussetzung einer längerfristigen animistischen Auseinandersetzung und Vermittlung.

Eine emotional positiv gefärbte und persönlich sinnvolle Auseinandersetzung mit Lerninhalten der unbelebten Natur besitzt aber nicht nur motivationspsychologische Relevanz. Wie Gebhard (1990, 1993, 2001, 2002) verdeutlicht, ist eine derartige Auseinandersetzung auch für die psychologische Entwicklung des Subjekts bedeutsam (vgl. Kapitel 2.4.3). Die komplementären Zugänge zur Welt, nämlich einerseits die Objektivierung der Außenwelt im Sinne einer ‚objektiv richtigen‘ Erkenntnis und andererseits die Subjektivierung der Umwelt im Sinne einer Entwicklung emotionaler Beziehungen zur Außenwelt, lassen sich nicht voneinander trennen. Vielmehr sind nur durch diese Interdependenz sowohl Einblicke in naturwissenschaftlich-technische Prozesse zu gewinnen, als auch eine Vertrautheit zur nichtmenschlichen Umwelt zu erreichen.

Laut Schüleraussagen führt eine verstärkt animistische Vermittlung zur geforderten emotionalen Färbung des Lernprozesses. Zwar wird der animistische Charakter der Vermittlung nicht explizit von den Schülern erwähnt, dennoch erkennen sie die Unterschiede zur Unterrichtssprache und stellen den positiven Einfluss auf ihr situationales Interesse deutlich dar. Unter der Annahme, dass generell alle Komponenten des Wissens mehr oder weniger emotional eingefärbt sind, sollte der Phase des Wissenserwerbs ein qualitativ höherwertigeres emotionales Gewicht zukommen.

Eine längerfristige Beibehaltung animistischer Vermittlung könnte möglicherweise das situationale Interesse dementsprechend aufrechterhalten und somit die Grundlagen für ein daraus erwachsendes dispositionales Interesse (i. e. eine relativ dauerhafte Neigung) am Lerngegenstand Chemie bilden.

Zu Hypothese (3): *Den Schülern ist der Modellcharakter der Animismen bewusst.*

Die Äußerungen der Schüler zu den animistischen Modellen lassen den Schluss zu, dass ihnen deren Modellcharakter bewusst ist und dass sie Animismen als reine Erklärungshilfen betrachten. Werden chemische Phänomene beseelt oder mit menschlichen Eigenschaften versehen, stößt dies bei den Schülern auf eine positive affektive Resonanz und hilft ihnen komplexe chemische Sachverhalte auf einem für sie altersgemäßen kognitiven Niveau zu verstehen.

Unter dem Blickwinkel, dass gerade abstrakte Modelle und Formalismen den Schülern der jüngeren Sekundarstufe I Probleme bereiten, wie verschiedene empirische Studien verdeutlichen (z.B. Gräber & Stork 1984a/b; Gräber 1992a), scheinen animistische Modelle nicht nur einen positiven affektiven, sondern auch einen kognitiven Zugang zu chemischen Phänomenen zu generieren.

Obwohl es nur eine geringe Anzahl expliziter Schüleräußerungen zu eigenen Modellvorstellungen gibt, wobei nicht eindeutig geklärt werden kann, ob Probleme der Versprachlichung oder kognitive Probleme hierfür ursächlich sind, kann doch davon ausgegangen werden, dass animistische Modelle eher an der Erfahrungswelt der Schüler angelehnt sein dürften. Unter dieser Annahme könnte die Diskussion über korrekte naturwissenschaftlich-objektive Modelle submikroskopischer Bereiche der Naturwissenschaften entschärft werden. Alternative Modellvorstellungen und Konzepte, die stärker der Erfahrungswelt der Schüler zugrunde liegen und eine allmähliche Weiterentwicklung zu komplexen Modellen zulassen, sollten demnach vermehrt berücksichtigt wer-

den. Das entspräche auch dem Wunsch der Schüler, wie nicht nur ihre Aussagen in der vorliegenden Untersuchung verdeutlichen, sondern wie auch schon in älteren empirischen Untersuchungen herausgestellt worden ist (Gräber 1992b).

Zusammenfassend werden durch die ermittelten Schüleraussagen alle Untersuchungshypothesen bestätigt. Doch es muss berücksichtigt werden, dass es sich bei dieser Studie nur um eine erste Annäherung an den Untersuchungsgegenstand einer animistischen Vermittlung handelt. Vieles spricht dafür, eine animistische Vermittlung verstärkt im naturwissenschaftlichen Unterricht zu berücksichtigen. Dennoch darf nicht davon ausgegangen werden, dass sich sämtliche Schüler durch eine verstärkt animistische Vermittlung für eine Auseinandersetzung mit chemischen Sachverhalten motivieren und interessieren lassen.

Im Verlauf der langfristigen Interessenentwicklung der Schüler kristallisieren sich bei diesen unterschiedliche Präferenzen heraus, die eine Vielzahl auslösender Faktoren zeigen. So kann der Einfluss von Elternhaus und sozialem Umfeld (und dort im engeren Rahmen der Peers) nur ansatzweise aufgehoben werden. Und auch der schulische Interessenverlust hinsichtlich einiger Fächer kann als entwicklungspsychologische Notwendigkeit betrachtet werden, die auch durch eine interessante Aufbereitung des Lehr-Lern-Prozesses nur bedingt beeinflusst werden kann.

Dass z.B. Schüler, die ein eher sprachliches Interesse haben, oftmals ein geringeres naturwissenschaftliches Interesse besitzen, bestätigt ein entwicklungspsychologischer Erklärungsansatz bezüglich eines schulischen Interessensverlustes, den Köller (1996) beschreibt und empirisch untermauert. Dieser Ansatz geht davon aus, dass sich Jugendliche selbstgesteuert sowohl in schulischen wie auch außerschulischen Bereichen Kompetenzen und Einstellungen aneignen.

„Im Laufe dieses Prozesses erkennen die Jugendlichen, daß sie in den verschiedenen Bereichen unterschiedlich handeln, unterschiedliche Interessen, Werte und Einstellungen ausbilden. (...) Im Sinne einer erfolgreichen Identitätsentwicklung und der Bewältigung von Entwicklungsaufgaben wie der Berufsfindung ist es für die Jugendlichen geradezu notwendig, Interessen zu kanalisieren in dem Sinne, daß das Interesse in einigen Domänen zunimmt auf Kosten der zeitgleichen Abnahme in vielen anderen Bereichen.“ (Köller 1996, S. 32).

Betrachtet man die Ergebnisse der Interventionsstudie jedoch genauer, scheint eine animistische Vermittlung insbesondere diejenigen Schüler, die ein eher sprachliches als naturwissenschaftliches Interesse haben, besonders positiv anzusprechen. Es werden somit Schüler motiviert, die an der naturwissenschaftlich-technischen Domäne desinteressiert sind bzw. deren Interesse in anderen Domänen stärker ausgeprägt ist. Demnach darf die Schlussfolgerung gezogen werden, dass im Anfangsunterricht Chemie die Kanalisierung der Schülerinteressen noch nicht so weit fortgeschritten ist, dass einem nachhaltigen Interessenverlust im naturwissenschaftlichen Unterricht nicht vorgebeugt werden könne. Eine verstärkt animistische Vermittlung insbesondere im Anfangsunterricht Chemie erhält daher ihre Legitimation.

Die vorliegenden Ergebnisse der Interventionsstudie zeigen, dass sich eine moderne Naturwissenschaftsdidaktik unterschiedlichsten Forschungsfeldern öffnen muss. Eine alleinige Betrachtung naturwissenschaftlicher Fragestellungen und Erkenntnisse greift zu kurz. Am Beispiel der hier diskutierten animistischen Vermittlung wird das komplexe Geflecht naturwissenschaftlicher, sprachwissenschaftlicher, philosophischer und psychologischer Einflussfaktoren deutlich. Die im Laufe der Wissenschaftsgeschichte errichteten wissenschaftlichen Barrieren und die daraus folgende Abgrenzung der einzelnen Wissenschaftsdisziplinen müssen immer häufiger in Frage gestellt werden, auch unter dem Blickwinkel einer immer wieder geforderten Interdisziplinarität. Doch Letztere allein kann nicht die Barrieren überwinden wie Lück (2000a) deutlich macht. Ihrer Ansicht nach stellt sich in dem Begriff der „Interdisziplinarität, der sich in den letzten Jahren zwischen vielen Einzelwissenschaften wie eine Art Rettungsanker breit macht, allenfalls eine Art Kitt dar, der über die Gräben zwischen den Wissenschaftsdisziplinen hinwegzutäuschen scheint.“ (Lück 2000a, S. 196). Ein ganzheitlicher Erkenntnisprozess, der nicht disziplinär zergliedert betrachtet wird, mit seinen sich daraus ergebenden Konsequenzen für den Vermittlungsprozess, ist demnach durch eine interdisziplinäre Forschung nur annähernd zu erreichen.

Im Rahmen dieser Arbeit nimmt der sprachwissenschaftliche Aspekt (und hier im engeren Sinne der metaphorologische Aspekt) eine zentrale Rolle ein. Ausgehend von der Prämisse, dass der Einfluss der Sprache auf den Erkenntnisprozess unumstritten oder radikaler formuliert *unhintergebar* ist, wurde versucht, der insbesondere in den Naturwissenschaften vertretenen objektivierenden Fachsprache eine verstärkt subjektivierende Sprache entgegenzusetzen. Dabei sollte Letztere nicht als ausschließende Alternative

zur Ersteren verstanden werden; vielmehr sollte die subjektivierende animistische Sprache begleitend zur objektivierenden Fachsprache aufgefasst werden. Dann lässt sich eine notwendige rational-naturwissenschaftliche Erkenntnis erlangen, welche die in den Naturvorgängen vorhandenen Kausalitäten und deren Determinismus erklärt. Aber auch nur dann lässt sich einer daraus folgenden potentiellen „Kausalitätsfalle“ (Lück 2000a, S. 205) entgehen; denn *neben* kausalen herrschen *auch* stochastische Prozesse.<sup>132</sup> Die Erläuterung oder vorsichtiger formuliert die Diskussion dieser stochastischen bzw. a-kausalen Prozesse kann nur durch eine Ausweitung sprachlicher Kategorien gelingen. Das bedeutet, dass neben einer kausal orientierten objektivierenden Fachsprache eine akausal orientierte subjektivierende (animistische) Sprache benutzt werden sollte. Dies gilt insbesondere bei der Vermittlung naturwissenschaftlicher Phänomene im Kindesalter, das dort laut Piaget kausale Denkprozesse nicht vobehaltlos vorausgesetzt werden dürfen.

Eine verstärkt animistische Vermittlungssprache ist in der Lage, im Vermittlungsprozess das Gefühl von subjektivem Sinn zu generieren, ohne allerdings die Ursache-Wirkungs-Beziehungen gänzlich in Frage zu stellen. Denn Sinn stellt sich nicht nur objektiv, sondern immer auch subjektiv ein. Symbole, Bilder, Phantasien und Träume, die sich auch an Lerngegenstände heften und mit ihnen untrennbar verbunden sind, sollten im schulischen Vermittlungsprozess stärker berücksichtigt werden, um diese Lerngegenstände tiefergehender zu erschließen. Um es herauszustellen: Es geht nicht um die Hinterfragung naturwissenschaftlicher Kausalitätsbeziehungen und ein damit verbundenes Zurückdrängen der objektivierenden Fachsprache. Es geht vielmehr darum, einen alternativen Zugang zu den Phänomenen der unbelebten Natur (insbesondere im submikroskopischen Bereich) zu schaffen, um einer potentiellen und immer wieder beobachtbaren Entfremdung von Objekt und Subjekt entgegenzuwirken. Auf den naturwissenschaftlichen Schulunterricht übertragen soll der Entfremdung von (harter) Naturwissenschaft und Schüler vorgebeugt werden.

Doch nicht nur die sprachliche Vermittlung kann für eine emotionale Bindung an den naturwissenschaftlichen Lerngegenstand verantwortlich gemacht werden. Der Lernprozess wird durch eine Vielzahl von Einflussfaktoren bestimmt, wie z.B. durch eine in-

---

<sup>132</sup> Beispiele stochastischer Prozesse finden z.B. sich in Bereichen der Quantenphysik, der Molekularbiologie oder auch der Chaostheorie. Deterministische Aussagen, die auf Kausalzusammenhängen basieren, sind dort nicht ohne weiteres haltbar.

trinsische Handlungsorientierung oder durch den sozialen Kontext des Lehr-Lern-Prozesses. Werden diese Einflussfaktoren diskutiert, vernachlässigt man auffälligerweise eine Einflussgröße, der insbesondere in der naturwissenschaftlichen Vermittlung größere Bedeutung zukommen sollte: die sinnliche Wahrnehmung.

Lück (2000a) diskutiert diesen Sachverhalt für das frühe Kindesalter. Dort wird die sinnliche Wahrnehmung so lange als bedeutsam und selbstverständlich betrachtet, bis sich bei dem Kind höhere kognitive Strukturen entwickelt haben, die einhergehen mit einem ausgeprägten Sprachvermögen. „Möglicherweise ist es daher die Lebensphase, in der man von einem Primat der Sinne vor dem Denken sprechen kann.“ (Lück 2000, S. 211).

Es stellt sich die Frage, ob eine verstärkt auf sinnliche Wahrnehmung ausgerichtete Vermittlung den Erkenntnisprozess in den Naturwissenschaften fördern kann. Lück plädiert für eine solche Ausrichtung und vermutet, dass der sinnlichen Wahrnehmung gegenüber der rationalen Erkenntnis ein ähnlich hoher Stellenwert zukommt.

Da eine sinnliche Wahrnehmung stark mit einer praktischen Ausrichtung im Vermittlungsprozess verbunden ist (denn nur so können Inhalte mit allen Sinnen erfahrbar gemacht werden), zeigen sich hier die Grenzen einer dergestalt ausgerichteten Unterrichts-konzeption an den Schulen. Häufig angeführter Geld- und somit auch Materialmangel der Schulen lässt einen praxisorientierten Unterricht oftmals nicht zu. Einen Ausweg aus diesem Dilemma könnten außerschulische Medien wie z.B. Science Center oder auch das *teutolab* der Universität Bielefeld bieten. Am Beispiel des Letzteren soll kurz auf die potentielle Bedeutung solcher Medien eingegangen werden.

### **5.2 Die Rolle außerschulischer Lernorte am Beispiel des *teutolabs***

Die vorliegende, im *teutolab* der Universität Bielefeld durchgeführte Interventionsstudie bestätigt nicht nur die in Kapitel 3.1 aufgeführten Hypothesen, sondern lässt weiterhin Rückschlüsse auf die motivationale sowie forschungsrelevante Funktion außerschulischer Medien zu.

Die Hauptintention außerschulischer Lernorte liegt in deren motivierendem Charakter, der in einer hohen interaktiven Auseinandersetzung zwischen Exponat bzw. Versuch und Besucher gegründet ist. Wie bereits erwähnt, ist ein Chemieunterricht mit hohem experimentellem Anteil aus verschiedenen Gründen (z.B. finanzieller oder materieller

Art) nicht immer möglich. Daher sollte in außerschulischen Lernorten die Eigentätigkeit der Besucher, d.h. im engeren Sinne der Schüler, im Vordergrund stehen. Der oben geforderten Intensivierung der sinnlichen Wahrnehmung in der Auseinandersetzung mit Phänomenen der unbelebten Natur kann so verstärkt nachgekommen werden. Außerschulische Mitmachinitiativen können demnach als begleitende Alternativen zum Schulunterricht aufgefasst werden, in welchem vermutlich eher rational-naturwissenschaftliche Erklärungen für die in den Naturvorgängen beobachtbaren Kausalitäten angestrebt werden.

Weiterhin ist es vorteilhaft, dass es in der Regel zu keiner abschließenden Leistungsüberprüfung kommt, und die Schüler somit angstfrei und selbstbestimmt die Experimentalsituation erleben können. Veränderungen der Lernumgebung sowie dem Kompetenzniveau der Schüler angemessene Variationen der Aufgabengestaltung sind weitere motivierende Faktoren, die im schulischen Rahmen oftmals an ihre Grenzen stoßen dürften.

Ob außerschulische Lernorte diese Aufgaben leisten können, muss durch begleitende Evaluationen dieser Einrichtungen erforscht werden. Es kann jedoch vermutet werden, dass die Ergebnisse derartiger Studien die mutmaßlichen positiven Elemente herausstellen und belegen.

Eine erste empirische Untersuchung außerschulischer Lernorte am *teutolab* der Universität Bielefeld bestätigt einige der angeführten Hypothesen. Als Fragebogenstudie sowohl im Bereich der Primarstufe als auch im Bereich der Sekundarstufe I angelegt, spiegeln sich viele positive Effekte in den Ergebnissen wider.<sup>133</sup> Dabei ergänzen sich die befragten Schüler und deren Lehrer in ihren Antworten, so dass von einer ähnlichen Wahrnehmung beider Gruppen hinsichtlich der motivierenden Faktoren ausgegangen werden kann.

Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass das *teutolab* mit seinem didaktischen Konzept verschiedenen Problemen des üblichen Chemieunterrichts entgegenarbeitet. Wie Köller, Baumert & Schnabel (2000) feststellen, zielt der übliche mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht in der Regel auf die Vermittlung deklarativen Wissens. Es kommt infolgedessen zumeist zu einem direktiven Frontalunterricht ohne Frei-

---

<sup>133</sup> Eine genaue Darstellung der Ergebnisse der Schülerbefragung der Sekundarstufe I erfolgt in Kürze als Dissertation von Brandt, Fakultät für Psychologie und Sportwissenschaft der Universität Bielefeld. Zusammenfassende Darstellungen weiterer Ergebnisse finden sich in Möller et al. (2004), Brandt et al. (2002) und Herbers et al. (2002).

räume, der fachspezifisches Sachinteresse und selbstbestimmte Lernmotivation verhindert. Erhöht man die Partizipationsmöglichkeiten für die Schüler, wie es im *teutolab* geschieht, zeigt sich bei diesen ein nachweisbares stärkeres Interesse am naturwissenschaftlichen Sachgegenstand sowie eine gesteigerte Zufriedenheit hinsichtlich der Lernhandlung.

Die außerschulische Unterstützung von Schule kann, wie das Beispiel des *teutolabs* zeigt, Aspekten pädagogisch-psychologischer Forschung evaluierend nachkommen, ohne in den schulischen Alltag eingreifen zu müssen. Es besteht weiterhin die Möglichkeit durch eine enge Zusammenarbeit von Schule, Hochschule und außerschulischen Medien die neu gewonnenen Erkenntnisse an die Schule zu transferieren, um mittelfristig die Lernerfolge dort zu optimieren.

Gelingt die Kooperation der drei Lehr- und Lernorte vorbehaltlos, wird es aller Voraussicht nach zu einer Optimierung des schulischen Unterrichts kommen, die durch eine positive Motivationsänderung und der daraus folgenden Interessenentwicklung bei den Schülern gekennzeichnet ist. Kognitive Fähigkeiten, wie z.B. ein autonomer Umgang mit fachlichen Inhalten, sowie nichtkognitive Fähigkeiten, wie z.B. die Förderung von intrinsischer Handlungsorientierung, werden dann nachhaltig gefördert. Die laut schulischer Richtlinien und Lehrpläne gleichwertigen kognitiven und nichtkognitiven Ziele lassen sich folglich besser erreichen.

### 5.3 Perspektiven

Es wurde gezeigt, dass sich außerschulische Lernorte schon durch eine einmalige Intervention positiv auf das Schülerinteresse an naturwissenschaftlichen Lerngegenständen sowie weiterführend auch auf den Schulunterricht auswirken können. Ob eine häufigere außerschulische Unterstützung diese Effekte verstärkt, sollte durch längerfristig angelegte Interventionen, die neben querschnittlichen Erhebungen und Vergleichen auch kleinere Längsschnittstudien beinhalten, erforscht werden. Das käme auch der Forderung Prenzels et al. (2000) nach, die einen Überblick über den Stand pädagogisch-psychologischer Forschung liefern und für zukünftige Forschungsvorhaben eine Kombination querschnittlicher und längsschnittlicher Studien als sinnvoll erachten.

Ferner rechtfertigen die Ergebnisse der im Zentrum dieser Arbeit stehenden Frage, ob ein bewusster Einsatz von Animismen bei der Vermittlung chemischer Sachverhalte dem nachlassenden Interesse an chemischen Fragestellungen entgegenwirken könne, ein weitreichendes Forschungsvorhaben. Die vor rund 30 Jahren geführte Animismuskonversation sollte erneut aufgegriffen und vor dem Hintergrund der mangelnden Fachbeliebtheit und der offensichtlichen Verständnisbarriere der Schüler erneut diskutiert werden.

Eine langfristig angelegte Interventionsstudie, in der Schüler über einen Zeitraum von mindestens einem Schulhalbjahr eine animistische Vermittlung erhalten sollten, könnte der Annahme nachgehen, dass sich neben einem positiven motivationalen auch ein positiver kognitiver Effekt belegen lässt. Letzterer konnte nach einer nur einmaligen Intervention nicht nachgewiesen werden. Dennoch kann durch die starke Wechselwirkung von Motivation und Kognition davon ausgegangen werden, dass sich ein derartiger positiver kognitiver Effekt längerfristig einstellt.

Weiterhin sollte untersucht werden, bis zu welchem Alter Animismen in der Vermittlung positiv angenommen werden. Sind die oben aufgeführten Ergebnisse auch deutlich, so lassen sich dennoch keine Aussagen über den Einfluss von Animismen über den Anfangsunterricht Chemie hinaus machen. Aber auch hier ist davon auszugehen, dass ältere Schüler ebenfalls positiv auf eine animistische Vermittlung reagieren. Bereits in den 60er Jahren diskutieren die Psychologen Vincze und Vincze diesen Sachverhalt und heben hervor, dass auch bei Erwachsenen nur eine „dünne Schicht vor dem Magischen“ besteht. „Die eine anthropozentrische Anschauung widerspiegelnden Ausdrücke in seiner Sprache (des Erwachsenen; Anm. d. Verf.) sind nur dem Ursprung nach konkrete Wendungen ...“ (Vincze & Vincze 1963, S. 30f). Demnach sollten sie vielmehr in den Bereich der metaphorischen Verständnissicherung eingeordnet werden.

Die Annahme, dass Animismen als verständnissichernde Metaphern zu betrachten sind, sollte generell in der Diskussion münden, ob der Verzicht auf eine subjektivierende Vermittlungssprache zugunsten einer möglichst frühen Einführung einer objektivierenden Fachsprache nicht der falsche Weg ist. Die immer wieder festgestellten kognitiven Fähigkeiten der Schüler, die oftmals noch keine formal-logischen Operationen zulassen, sollten als Ausgangspunkt neuer Lehrmethoden betrachtet werden. Unter einer verstärkten Einbeziehung der alternativen Modellvorstellungen der Schüler scheint gerade im

Anfangsunterricht Chemie einem nachlassenden Interesse frühzeitig entgegengearbeitet werden zu können.

In diesem Zusammenhang muss allerdings auch die Frage gestellt werden, ob sich alle Themenbereiche für eine animistische Vermittlung eignen bzw. in welchem Rahmen eine animistische Vermittlung wünschenswert ist. Es kann jedoch angenommen werden, dass es zumindest keine nachteiligen Effekte hinsichtlich einer animistischen Vermittlung gibt, wenn man sie als Ergänzung und nicht als Alternative zu einer verstärkt naturwissenschaftlich-objektiven Vermittlung betrachtet.

Soll das Ziel erreicht werden, Schüler nachhaltig für chemische Fragestellungen zu interessieren, erscheint ebenfalls die Frage interessant, ob das zunehmende Interesse nur auf der verständlicheren Vermittlung beruht, oder aber ob es auch aus Wertverschiebungen hinsichtlich der Phänomene der unbelebten Natur hervorgeht. Die Erfassung möglicher sinnstiftender Variablen einer verstärkt animistischen Vermittlung könnte erste Anhaltspunkte liefern. Hier bieten sich interdisziplinäre Projekte insbesondere mit dem Bereich der Entwicklungspsychologie an, um ein möglichst breites Variablenspektrum zu erfassen.

## 6. Literatur

- Ansari, S., Demuth, R.: Nuffield-Chemistry an deutschen Schulen? In: PdN/Ch, 25 (1976). S. 330-334.
- Aristoteles, Poetik; hrsg. von Fuhrmann, M. Stuttgart 1996.
- Aristoteles, Rhetorik; hrsg. von Krapinger, G. Stuttgart 1999.
- Arndt, B. et al.: Chemie. Stoffe – Reaktionen – Umwelt. Lehrbuch für die Sekundarstufe I. Berlin 1993.
- Atkins, P. W.: Physikalische Chemie 1990.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., Hanesian, H.: Psychologie des Unterrichts, Band 1. Weinheim, Basel 1980.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., Hanesian, H.: Psychologie des Unterrichts, Band 2. Weinheim, Basel 1981.
- Bader, H. J.: Auswirkungen der Thematik „Recycling“ auf die Einstellung der Schüler zum Chemieunterricht, zur Chemie und zu Umwelt- und Energieproblemen. In: chimica didactica, 12 (1986) 65. S. 65-99.
- Bäurle, W. et al: umwelt: chemie. Gesamtband. Stuttgart 2003.
- Bäumli-Roßnagl, M.-A.: Sachunterricht in der Grundschule. Naturwissenschaftlich-technischer Lernbereich. München 1979.
- Balldauf, M. et al.: Chemie für die Sekundarstufe I. Teilband 2.1. Berlin 1991.
- Balldauf, M. et al.: Chemie für die Sekundarstufe I. Teilband 2.2. Berlin 1991.
- Baumert, J., Lehmann, R.: TIMSS – Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde. Opladen 1997.
- Barke, H.-D., Hilbing, C.: Image von Chemie und Chemieunterricht. In: Chemie in unserer Zeit, 34 (2000) 1. S. 17-23.
- Bauer, H. F., Bader, H. J., Elementarisierung – didaktische Reduktion – ein Kernproblem des Chemieunterrichts. In: Pfeifer, P., Lutz, B., Bader, H. J.: Konkrete Fachdidaktik Chemie. München 2002. S. 181-196.
- Becker, H.-J.: Über den Zusammenhang zwischen Schülerurteilen zur Beliebtheit des Chemieunterrichtes und dem Verständnis der Schüler für die chemische Zeichensprache. In: Praxis der Naturwissenschaften Chemie, 25 (1976). S. 23-27.
- Becker, H.-J.: Chemie – ein unbeliebtes Schulfach? Ergebnisse und Motive der Fachbeliebtheit. In: MNU, 31 (1978) 8. S. 455-459.

- Becker, H.-J.: Zielwandel im Unterricht – Möglichkeiten für neue Wege. In: Chemie in der Schule, 39 (1992) 3. S. 93-96.
- Becker, H.-J., Glöckner, W., Hoffmann, F.: Fachdidaktik Chemie. Köln 1992.
- Beermann, L., Heller, K. A., Menacher, P.: Mathe: nichts für Mädchen? – Begabung und Geschlecht am Beispiel von Mathematik, Naturwissenschaft und Technik. Bern 1992.
- Behrendt, J. et al.: Alltagsorientierter Chemieunterricht – erprobter Unterricht in der Sekundarstufe I. In: Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie 37 (1997) 8. S. 9-16.
- Bilden, H.: Geschlechtsspezifische Sozialisation. In: Hurrelmann, K., Ulich, D. (Hg.): Handbuch der Sozialisationsforschung. Weinheim 1998. S. 279-301.
- Bildungsserver des Landes Nordrhein-Westfalen (eingesehen am 05.11.2003);  
<http://www.learnline.nrw.de/nav/sekundarstufen/naturwissenschaften>
- Black, M.: Die Metapher. In: Haverkamp, A. (Hg.): Theorie der Metapher. Darmstadt 1996. S. 55-79.
- Black, M.: Models and Metaphors. Ithaca 1962.
- Black, M.: More about Metaphor. In: Ortony, A. (Hg.): Metaphor and Thought. London 1979. S. 19-43.
- Bloch, J. R.: Die Genauigkeit der Ungenauigkeit: zur Rolle der Sprache in der Erkenntnis. In: Gräber, W., Bolte, C.: Fachwissenschaft und Lebenswelt: Chemiedidaktische Forschung und Unterricht. Kiel 1996. S. 173-191.
- Blume, R.: Kohlenhydrate als Basis zur Gewinnung von organischen Chemikalien. In: NiU-PC 37 (1989) 47. S. 14-18.
- Blume, R., Sommerfeld, H.: Abbaubare Folien auf Stärkebasis. In: MNU 44 (1991) 2. S. 93-96.
- Blume, R. et al.: Chemie für Gymnasien. Sekundarstufe I. Länderausgabe C. Berlin 2001.
- Blume, R. et al.: Chemie für Gymnasien. Sekundarstufe I. Länderausgabe D. Teilband 1. Berlin 1994.
- Blume, R. et al.: Chemie für Gymnasien. Sekundarstufe I. Länderausgabe D. Teilband 2. Berlin 1994.
- Blume, R. et al.: Chemie 7/8. Realschule Nordrhein-Westfalen. Berlin 1998.
- Blumenberg, H.: Beobachtungen an Metaphern. In: Archiv für Begriffsgeschichte 15 (1971). S. 160-214.

- Blumenberg, H.: Die Lesbarkeit der Welt. Frankfurt a.M. 1981.
- Blumenberg, H.: Paradigmen zu einer Metaphorologie. In: Archiv für Begriffsgeschichte 6 (1960). S. 7-142.
- Boeck, H., Bernhardt, U.: Was halten unsere Schüler vom Anfangsunterricht in Chemie? In: Chemie in der Schule 38 (1991) 5. S. 168-172.
- Bömer, B. et al. (Hg.): NAWIgator 1/2. Stuttgart 2001.
- Bortz, J., Döring, N.: Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler. Berlin 2002.
- Braun, P.: Tendenzen in der deutschen Gegenwartssprache. Stuttgart 1979.
- Bremer, D.: Aristoteles, Empedokles und die Erkenntnisleistung der Metapher. In: Poetica 12 (1980). S. 350-376.
- Brown, L. B., Thouless, R. H.: Animistic Thought in Civilized Adults. In: The Journal of Genetic Psychology 107 (1965). S. 33-42.
- Buddrus, J.: Grundlagen der Organischen Chemie. Berlin; New York 1990.
- Buggle, F., Westermann-Duttlinger, H.: Untersuchung zum Animismus bei 5-8jährigen Kindern. In: Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie 20 (1988) 1. S. 3-14.
- Carey, S.: Science Education as Conceptual Change. In: Journal of Applied Development Psychology 21 (2000) 1. S. 13-19.
- Carnap, R.: Die alte und die neue Logik. In: Skirbekk, G.: Wahrheitstheorien. Frankfurt a. M. 1980. S. 73-88. Erstabdruck in: Erkenntnis 1 (1916). S. 12-26.
- Carus, C. G.: Gesammelte Schriften II; hrsg. von Keiper, W. Dresden 1823.
- Cassirer, E.: Philosophie der symbolischen Formen. Erster Teil: Die Sprache. Darmstadt 1964.
- CiOMPI, L.: Affektlogik – die Untrennbarkeit von Fühlen und Denken. In: Fedrowitz, J., Matejovski, D., Kaiser, G.: Neuroworlds. Gehirn – Geist – Kultur. Frankfurt a. M. 1994. S. 117-130.
- Daneš, F.: Dialektische Tendenzen in der Entwicklung der Literatursprachen. Ein soziolinguistischer Beitrag. In: Sprache und Gesellschaft. Grundlagen der Sprachkultur. Beiträge der Prager Schule zur Sprachtheorie und Sprachpflege. Teil 2. Berlin 1982. S. 92-113.
- Deci, E. L., Ryan, R. M.: Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. In: Zeitschrift für Pädagogik 39 (1993). S. 223-238.

- Degenhardt, A.: Geschlechtstypisches Verhalten über die Lebensspanne. In: Degenhardt, A., Trautner, H. M. (Hg.): Geschlechtstypisches Verhalten. München 1979. S. 26-49.
- Dellweg, H. (Hg.): Römpp-Lexikon Biotechnologie. Stuttgart 1992.
- Deutsches PISA-Konsortium (Hg.): PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Opladen 2001.
- Deutsches PISA-Konsortium (Hg.): PISA 2003. Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland – Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs. Münster 2004.
- Der Kultusminister des Landes Nordrhein-Westfalen (Hg.): Richtlinien und Lehrpläne für die Hauptschule in Nordrhein-Westfalen. Chemie. Düsseldorf 1989.
- Der Kultusminister des Landes Nordrhein-Westfalen (Hg.): Richtlinien und Lehrpläne für die Realschule in Nordrhein-Westfalen. Chemie. Düsseldorf 1993.
- Descartes, R.: Über die Methode; hrsg. von Buchenau, A. Leipzig 1911.
- Dijksterhuis, E. J.: Die Mechanisierung des Weltbildes. Berlin 1956.
- Dorsch, F., Häcker, H. (Hg.): Psychologisches Wörterbuch. Bern 1998.
- Dresel, M. et al.: Gender Differences in Science Education : The double-edged role of prior knowledge in physics. In: Roeper Review 21 (1998) 2. S. 101-106.
- Duit, R.: On the Role of Analogies and Metaphors in Learning Science. In: Science Education 75 (1991) 6. S. 649-672.
- Eccles, J., Wigfield, A., Schiefele, U.: Motivation to Succeed. In: Eisenberg, N. (Ed.): Handbook of Child Psychology. New York 1998. S. 1017-1095.
- Eccles, J. et al.: An expectancy-value model of achievement choices: The role of ability self-concepts, perceived task utility and interest in predicting activity choice and course enrollment. In: Hoffmann, L. et al. (Eds.): Interest and learning. Kiel 1998. S. 267-279.
- Eccles, J., Wigfield, A.: Motivational beliefs, values and goals. In: Annual Review of Psychology 53 (2002). S. 109-132.
- Ehlich, K., Switalla, B.: Transkriptionssysteme – eine exemplarische Übersicht. In: Studium Linguistik 2 (1976). S. 78-105.
- Eisner, W. et al: elemente chemie. Nordrhein-Westfalen 9/10. Unterrichtswerk für Gymnasien. Stuttgart 2004.
- Eschenhagen, D., Kattmann, U., Rodi, D.: Fachdidaktik Biologie 1985.

- Etschenberg, K.: Anthropomorphismen als fachdidaktisches und pädagogisches Problem im Biologieunterricht. In: Kattmann, U. (Hg.): *Biologiedidaktik in der Praxis. Dieter Eschenhagen zum 65. Geburtstag*. Köln 1994. S. 109-117.
- Evers, P.: *Die wundersame Welt der Atomis*. Berlin 2002.
- Falbe, J., Regnitz, M.: *Römpp. Chemie-Lexikon*. Stuttgart 1995.
- Fichtner, E., Liening, B., Thomas, W.: *Lehrbuch der Chemie SI*. Frankfurt/Main 1994.
- Flick, U.: *Qualitative Forschung. Eine Einführung*. Reinbek bei Hamburg 2002.
- Fluck, H.-R.: *Fachsprachen*. München 1976.
- Frick, R. W.: Interestingness. In: *British Journal of Psychology* 83 (1992). S. 113-128.
- Fröhlich, W.D.: *Wörterbuch Psychologie*. München 2000.
- Früh, W.: *Inhaltsanalyse. Theorie und Praxis*. Konstanz 2001.
- Fuhrer, U., Kaiser, F.G., Hangartner, U.: Wie Kinder und Jugendliche ihr Selbstkonzept kultivieren: Die Bedeutung von Dingen, Orten und Personen. In: *Psychologie in Erziehung und Unterricht. Zeitschrift für Forschung und Praxis* 42 (1995) 1. S. 57-64.
- Fuhrer, U., Laser, S.: Wie Jugendliche sich über ihre soziale und materielle Umwelt definieren: Eine Analyse von Selbst-Fotografien. In: *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie* 29 (1997) 3. S. 183-196.
- Ganzenmüller, W.: *Die Alchemie im Mittelalter*. Hildesheim 1967.
- Gebhard, U.: Anthropomorphic interpretations of nature: a basis of environmentally responsible behaviour. In: *New Era in Education* 83 (2002) 1. S. 22-25.
- Gebhard, U.: Dürfen Kinder Naturphänomene beseelen? Gedanken zur psychischen Funktion von Anthropomorphismen und zum Umgang damit im Biologieunterricht. In: *Unterricht Biologie. Zeitschrift für alle Schulstufen* 14 (1990) 153. S. 38-42.
- Gebhard, U.: Erfahrung von Natur und seelische Gesundheit. In: Seel, H.-J., Sichler, R.: *Mensch – Natur. Zur Psychologie einer problematischen Beziehung*. Darmstadt 1993. S. 127-147.
- Gebhard, U.: *Kind und Natur. Die Bedeutung der Natur für die psychische Entwicklung*. Wiesbaden 2001.
- Gebhard, U., Lück, G.: Die Vertrautheit der Dinge. Symbolische Deutung der belebten und unbelebten Natur als Element des Heimatgefühls. In: Engelhardt, W., Stoltenberg, U. (Hg.): *Die Welt zur Heimat machen? Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, Band 12*. Bad Heilbrunn 2002. S. 97.109.

- Gehlen, A.: Die Seele im technischen Zeitalter. Sozialpsychologische Probleme in der industriellen Gesellschaft. Hamburg 1957.
- Gerlach, W.: Die Sprache der Physik. Bonn 1962.
- Gessinger, J.: Metaphern in der Wissenschaftssprache. In: Bungarten, T. (Hg.): Beiträge zur Fachsprachenforschung. Sprache in Wissenschaft und Technik, Wirtschaft und Rechtswesen. Tostedt 1992. S. 29-56.
- Glaser, B., Strauss, A.: The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research. Chicago 1967.
- Gnoyke, A.: Das Lernen mit Bildern in der Chemie. Aktion und Interaktion von Wahrnehmen und Denken. Frankfurt a.M. 1997.
- Gräber, W.: Untersuchungen zum Schülerinteresse an Chemie und Chemieunterricht. In: Chemie in der Schule 39 (1992a) 7/8. S. 270-273.
- Gräber, W.: Interesse am Unterrichtsfach Chemie, an Inhalten und Tätigkeiten. In: Chemie in der Schule 39 (1992b) 10. S. 354-358.
- Gräber, W., Stork, H.: Die Entwicklungspsychologie Jean Piagets als Mahnerin und Helferin des Lehrers im naturwissenschaftlichen Unterricht. Teil 1. In: MNU 37 (1984a) 4. S. 193-201.
- Gräber, W., Stork, H.: Die Entwicklungspsychologie Jean Piagets als Mahnerin und Helferin des Lehrers im naturwissenschaftlichen Unterricht. Teil 2. In: MNU 37 (1984b) 5. S. 257-269.
- Gräber, W., Nentwig, P.: Scientific Literacy – Naturwissenschaftliche Grundbildung in der Diskussion. In: Gräber, W. et al.: Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung. Opladen 2002. S. 7-20.
- Gräber, W., Nentwig, P., Nicolson, P.: Scientific Literacy – von der Theorie zur Praxis. In: Gräber, W. et al.: Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung. Opladen 2002. S. 135-145.
- Graf, E.: Wie chemisch muß der Chemieunterricht sein? Gedanken zu zeitgemäßen Veränderungen. In: Chemie in der Schule 45 (1998) 5. S. 310-315.
- Grassi, E.: Macht des Bildes: Ohnmacht der rationalen Sprache. München 1979.
- Greifnieder, U., Schiemann, H.: Dick entdeckt das Wasser. Umweltbuch zum Spielen und Lernen. Aachen 1997.
- Grißhammer, R.: Ätzend. Ein Chemiebuch. Berlin 2000.
- Gröger, M.: Fiktionen in ihrer Bedeutung für chemische Forschungsprozesse und das Lernen von Chemie – dargestellt an der Genese des OSTWALDschen Verdünnungsgesetzes und an dem Problem des Konzeptwechsels. Siegen 1996.

- Gruehn, S.: Vereinbarkeit kognitiver und nichtkognitiver Ziele im Unterricht. In: Zeitschrift für Pädagogik 41 (1995) 4. S. 531-553.
- Haccius, B.: Anthropomorphismen im Biologieunterricht? In: Mathematik und Naturwissenschaften in der neuen Schule (1950) 1. S. 21-27.
- Hallpap, P., Klein, O., Lux, F.: Die Fachsprache im Chemieunterricht. In: Pfeifer, P., Lutz, B., Bader, H. J.: Konkrete Fachdidaktik Chemie. München 2002. S. 73-89.
- Hannover, B.: Zur Unterrepräsentation von Mädchen in Naturwissenschaften und Technik: Psychologische Prädiktoren der Fach- und Berufswahl. In: Zeitschrift für Pädagogische Psychologie 5 (1991). S. 169-186.
- Hannover, B., Kessels, U.: Monoedukativer Anfangsunterricht in Physik in der Gesamtschule. Auswirkungen auf Motivation, Selbstkonzept und Einteilung in Grund- und Fortgeschrittenenkurse. In: Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie 33 (2001) 4. S. 201-215.
- Haupt, P.: Atome – mit Rucksack, Hut und Wanderstock. Über die Veranschaulichung mit Modellen. In: NiU-Chemie 1 (1990) 4. S. 26-30.
- Hauschild, G. et al.: Chemie 8. Sachsen Mittelschule. Berlin 1998.
- Heepermann, B. et al.: Natur und Technik. Physik / Chemie. Grundaussgabe Rheinland-Pfalz. Klasse 7. Berlin 1999.
- Heepermann, B. et al.: Natur und Technik. Physik / Chemie. Grundaussgabe Rheinland-Pfalz. Klasse 8. Berlin 2000.
- Heisenberg, W.: Sprache und Wirklichkeit in der modernen Physik. In: Alexander von Humboldt-Stiftung (Hg.): Werner Heisenberg. Zwei Vorträge. Bad Godesberg 1967. S. 18-32.
- Helmke, A., Schrader, P.-W.: Zur Kompatibilität kognitiver, affektiver und motivationaler Zielkriterien des Schulunterrichts – clusteranalytische Studien. In: Knopf, M., Schneider, W. (Hg.): Entwicklung. Allgemeine Verläufe – Individuelle Unterschiede – Pädagogische Konsequenzen. Göttingen 1990. S. 180-200.
- Helmke, A., Weinert, F. E.: Bedingungsfaktoren schulischer Leistung. In: Weinert, F. E. (Hg.): Psychologie des Unterrichts und der Schule. Göttingen 1997. S. 71- 152.
- Herbers, R., Kohse-Höinghaus, K.: Das Bielefelder *teutolab*: Motivationsschub für den Chemieunterricht. In: Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule 50 (2001) 6. S. II-1.
- Herbers, R. et al.: Chemie ? Ja, bitte ! Schüler, Lehrer und Studierende experimentieren im Bielefelder *teutolab*. In: Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule 51 (2002) 8. S. 6-10.

- Hermanns, H.: Interviewen als Tätigkeit. In: Flick, U., Kardorff, E. von, Steinke, I.: Qualitative Forschung. Ein Handbuch. Reinbek bei Hamburg 2000. S. 360-368.
- Herron, J. D.: Piaget for Chemists. Explaining what “good” students cannot understand. In: Journal of Chemical Education 52 (1975) 3. S. 146-150.
- Herzog, W.: Motivation und naturwissenschaftliche Bildung. In: Neue Sammlung 36 (1996) 1. S. 61-91.
- Hidi, S., Baird, W.: Strategies for increasing text-based interest and students’ recall of expository texts. In: Reading Research Quarterly 23 (1988) 4. S. 465-483.
- Hidi, S.: Interest and Its Contribution as a Mental Resource for Learning. In: Review of Educational Research 60 (1990) 4. S. 549-571.
- Hobbes, Th.: Leviathan or the Matter, Forme and Power of a Commonwealth Ecclesiasticall and Civil; ed. by Oakeshott, M. New York 1974.
- Hobbes, Th.: Vom Menschen – Vom Bürger; hrsg. von Gawlick, G. Hamburg 1959.
- Höner, K., Greiwe, T.: Chemie – nein danke? Eine empirische Untersuchung affektiver und kognitiver Aspekte des Chemieunterrichts der Sekundarstufe I in Abhängigkeit von der Jahrgangsstufe. In: chim. did. 26 (2000) 1. S. 25-55.
- Hopf, Ch.: Qualitative Interviews. In: Flick, U., Kardorff, E. von, Steinke, I.: Qualitative Forschung. Ein Handbuch. Reinbek bei Hamburg 2000. S. 349-360.
- <http://www.gdch.de/ks/publikationen/gdch-prognose.pdf>
- [http://www.iupac.org/images/2003competition/entries/74\\_Li.html](http://www.iupac.org/images/2003competition/entries/74_Li.html)
- [http://www.iupac.org/images/2003competition/entries/82\\_Tsang.html](http://www.iupac.org/images/2003competition/entries/82_Tsang.html)
- <http://www.iupac.org/news/archives/2003/PUC-scienceacross.html>
- <http://www.molekularsoziologie.de>
- Hums, L.: Zur Problematik metaphorischer Benennungen in Wissenschaft und Technik. In: Zeitschrift für Germanistik, 9 (1988) 1. S. 43-56.
- Ingendahl, W.: Der metaphorische Prozeß. Methodologie zu seiner Erforschung und Systematisierung. Düsseldorf 1971.
- Ischreyt, H.: Sprachwandel durch Technik. In: Wirkendes Wort, 18 (1968). S. 73-84.
- Jäckel, M, Risch, T. (Hg.): Chemie heute – Sekundarbereich I. Hannover 1993.
- Jäkel, O.: Metaphern in abstrakten Diskurs-Domänen: eine kognitiv-linguistische Untersuchung anhand der Bereiche Geistestätigkeit, Wirtschaft und Wissenschaft. Frankfurt am Main 1997.

- Jakob, K.: Maschine, mentales Modell, Metapher. Studien zur Semantik und Geschichte der Techniksprache. Tübingen 1991.
- Jakobi, R. A., Hopf, H.: Humoristische Chemie. Heiteres aus dem Wissenschaftsalltag. Berlin 2004.
- Jonassen, D. H., Grabowski, B. L.: Handbook of Individual Differences, Learning, and Instruction. Hillsdale 1993.
- Just, E., Piosik, R.: Merkmale des Chemieunterrichts, die Gymnasial-Schülern gefallen oder mißfallen. Eine vergleichende Untersuchung in den Regionen Bremen und Danzig bei Schülern der 9. bis 12. Jahrgangsstufe. In: MNU, 38 (1985) 7. S. 391-399.
- Kant, I.: Kritik der reinen Vernunft; hrsg. von Schmidt, R. Hamburg 1976.
- Kant, I.: Kritik der Urteilskraft; hrsg. von Vorländer, K. Hamburg 1974.
- Kant, I.: Prolegomena zu einer jeden künftigen Metaphysik, die als Wissenschaft wird auftreten können; hrsg. von Pollok, K. Hamburg 2001.
- Klein, A.: TIMSS und ein neuer Chemieunterricht. In: Chemie in der Schule 45 (1998) 3. S. 174-178.
- Köller, O.: Interessenverlust als Folge schulischen Unterrichts? In: Baumert, J. et al (Hg.): Bildungsverläufe und psychosoziale Entwicklung im Jugendalter. Berlin 1996. S. 32-42.
- Köller, O., Baumert, J., Schnabel, K.: Zum Zusammenspiel von schulischem Interesse und Lernen im Fach Mathematik: Längsschnittanalysen in den Sekundarstufen I und II. In: Schiefele, U. & Wild, K.-P. (Hg.): Interesse und Lernmotivation. Münster 2000. S. 163-181.
- Kohli, M.: „Offenes“ und „geschlossenes“ Interview: Neue Argumente zu einer alten Kontroverse. In: Soziale Welt, 29 (1978). S. 1-25.
- Kowal, S., O'Connell, D.: Zur Transkription von Gesprächen. In: Flick, U., Kardorff, E. von, Steinke, I.: Qualitative Forschung. Ein Handbuch. Reinbek bei Hamburg 2000. S. 437-447.
- Kracauer, S.: Für eine qualitative Inhaltsanalyse. In: Ästhetik und Kommunikation, 3 (1972). S. 53-58.
- Krapp, A.: Das Interessenkonstrukt. Bestimmungsmerkmale der Interessenhandlung und des individuellen Interesses aus der Sicht der Person-Gegenstands-Konzeption. In: Krapp, A., Prenzel, M. (Hg.): Interesse, Lernen, Leistung. Neure Ansätze einer pädagogisch-psychologischen Interessenforschung. Münster 1992. S. 297-329.

- Krapp, A.: Die Bedeutung von Interesse und intrinsischer Motivation für den Erfolg und die Steuerung schulischen Lernens. In: Schnaitmann, G. W.: Theorie und Praxis der Unterrichtsforschung. Donauwörth 1996. S. 87-110.
- Krapp, A.: Entwicklung und Förderung von Interessen im Unterricht. In: Psychologie in Erziehung und Unterricht 44 (1998). S. 185-201.
- Kretzenbacher, H. L.: Vom Ich-, Metaphern- und Erzähl-Tabu. Oder: Wie durchsichtig ist die Sprache der Wissenschaften? In: Forschung & Lehre, 4 (1995). S. 183-185.
- Kurz, G.: Metapher, Allegorie, Symbol. Göttingen 1997.
- Laetsch, W. M.: A basis for better public understanding of science. In: Communicating science to the public (Ciba Foundation Conference). Chicester 1987. S. 1-18.
- Lehninger, A. L. et al: Prinzipien der Biochemie. Heidelberg; Berlin; Oxford 1998.
- Lemke, J. L.: Talking Science: Language, Learning and Values. Norwood 1990.
- Lentke, H.-M.: Eine Erhebung an höheren Schulen über das Interesse an den Schulfächern, insbesondere an der Biologie. In: Pädagogische Beiträge 2 (1955) 1. S. 308-326.
- Levie, H. W., Lentz, R.: Effects of text illustrations: A review of research. In: Educational Communication and Technology Journal 30 (1982). S. 195-232.
- Levin, J. R. et al.: On empirically validating functions of pictures in prose. In: Willows, D. M. & Carney, R. N. (Eds.): The psychology of illustration. Volume 1. Basic research. New York 1987. S. 51-85.
- Lewin, K.: Werkausgabe. Band 1: Wissenschaftstheorie 1. Bern 1981.
- Locke, J.: An Essay concerning human understanding; edt. by Nidditch, P.H. Oxford 1975.
- Löffler, G.: Die Formelsprache im Chemieanfangsunterricht. In: Der Chemieunterricht 10 (1974) 4. S. 5-34.
- Looft, W. R., Bartz, W. H.: Animism revived. In: Psychological Bulletin 71 (1969) 1. S. 1-19.
- Lück, G.: „Vom Sinn der Sinne“ und der Bedeutung der Sprache im Vermittlungs- und Lernprozeß. In: Renate Brechel (Hrsg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. Alsbach 1999. S. 112-114.
- Lück, G.: Nietzsches Naturwissenschaftskritik. In: Elke Sumfleth (Hg.): Chemiedidaktik im Wandel – Gedanken zu einem neuen Chemieunterricht. Festschrift für Alfred Gram. Münster 1999b. S. 66-90.

- Lück, G.: Naturwissenschaften im frühen Kindesalter. Untersuchungen zur Primärbegegnung von Kindern im Vorschulalter mit Phänomenen der unbelebten Natur. Münster 2000a.
- Lück, G.: Leichte Experimente für Eltern und Kinder. Freiburg im Breisgau 2000b.
- Lück, G.: Wenn die unbelebte Natur im Sachunterricht beseelt wird. Die Rolle der Animismen im Vermittlungsprozess. In: Kahlert, J., Inckemann, E. (Hg.): Wissen, Können, Verstehen – über die Herstellung ihrer Zusammenhänge im Sachunterricht. Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts. Bad Heilbronn 2001. S. 149-159.
- Lück, G.: Handbuch der naturwissenschaftlichen Bildung. Theorie und Praxis für die Arbeit in Kindertageseinrichtungen. Freiburg, 2003.
- Lück, G.: Von einsamen Elektronenpaaren oder: Warum es auch in der Chemie menschelt. In: Griesar, K. (Hg.): Wenn der Geist die Materie küsst. Annäherungen an die Chemie. Frankfurt a.M. 2004. S. 163-175.
- Maaß, S.: Sprache im Chemieunterricht. Praktikumserfahrungen mit Sprachschwierigkeiten zwischen Lehrern und Schülern. In: *chimica didactica* 21 (1995) 1. S. 61-70.
- Mattenklott, G.: Metaphern in der Wissenschaftssprache. In: *Studi Germanici* (2000). S. 321-337.
- Maurer, M.: Sexualdimorphismus, Geschlechtskonstruktion und Hirnforschung. In: Passero, U., Gottburgsen, A. (Hg.): Wie natürlich ist Geschlecht? Gender und die Konstruktion von Natur und Technik. Wiesbaden 2002. S. 65-108.
- Mayring, Ph.: Einführung in die qualitative Sozialforschung. Eine Anleitung zu qualitativem Denken. Weinheim 1999.
- Mayring, Ph.: Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim 2000.
- McNamara, D. S. et al.: Are Good Texts Always Better? Interactions of Text Coherence, Background Knowledge, and Levels of Understanding in Learning From Text. In: *Cognition and Instruction* 14 (1996) 1. S. 1-43.
- Merton, R. K., Kendall, L. K.: Das fokussierte Interview. In: Hopf, Ch., Weingarten, E. (Hg.): Qualitative Sozialforschung. Stuttgart 1993. S. 171-204.
- Merzyn, G.: Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht. Kiel 1994.
- Meyer-Abich, K. M.: Wege zum Frieden mit der Natur. Praktische Naturphilosophie für die Umweltpolitik. 1984.
- Millar, R.: Towards a Science Curriculum for Public Understanding. In: *School Science Review* 77 (1996). S. 7-18.
- Miller, L.L.: Molecular Anthropomorphism. A Creative Writing Exercise. In: *Journal of Chemical Education* 69 (1992) 2. S. 141f.

- Ministerium für Schule und Weiterbildung, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hg.): Richtlinien und Lehrpläne für das Gymnasium – Sekundarstufe I – in Nordrhein-Westfalen. Chemie. Düsseldorf 1999.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hg.): Richtlinien und Lehrpläne für die Sekundarstufe I – Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Naturwissenschaften. Physik, Chemie, Biologie. Düsseldorf 1999.
- Mitchell, M.: Situational interest: Ist multifaceted structure in the secondary school mathematics classroom. In: *Journal of Educational Psychology* 85 (1993) 3. S. 424-436.
- Mittasch, A.: Über Fiktionen in der Chemie. In: *Angewandte Chemie* 50 (1937) 24. S. 423-434.
- Mittasch, A.: Über Ganzheit in der Chemie. In: *Angewandte Chemie* 49 (1936) 27. S. 417-428.
- Möller, J. et al.: Schon im Grundschulalter für Chemie interessieren. Empirische Ergebnisse von Schülerbefragungen zum Mitmachlabor *teutolab*. In: *Grundschule* 36 (2004) 4. S. 54-57.
- Müller-Harbach, G., Wenck, H., Bader, H.-J.: Die Einstellung von Realschülern zum Chemieunterricht, zu Umweltproblemen und zur Chemie. Teil II: Ergebnisse einer empirischen Untersuchung an einer Stichprobe von 2200 Realschülern in Nordrhein-Westfalen. In: *chimica didactica*, 16 (1990) 4. S. 233-253.
- Nieraad, J.: „Bildgesegnet und bildverflucht“: Forschungen zur sprachlichen Metaphorik. Darmstadt 1977.
- Nietzsche, F.: *Der letzte Philosoph. Der Philosoph: Betrachtungen über den Kampf von Kunst und Erkenntnis*. Gesammelte Werke, Band 6. München 1922.
- Novalis: *Werke und Briefe*; hrsg. von Kellertat, A. München 1968.
- Oerter, R., Montada, L.: *Entwicklungspsychologie*. Weinheim 1998.
- Osgood, Ch. E., Suci, G. J., Tannenbaum, P. H.: *The Measurement of Meaning*. Urbana 1957.
- Osgood, Ch. E.: The Representational Model and Relevant Research Methods. In: *Pool* (1959). S. 33-88.
- Otte, R., Garbe, J.: Einstellung zum naturwissenschaftlichen Unterrichtsfach Chemie. Teil 1: Eine dimensionsanalytische Untersuchung. In: *chimica didactica* 2 (1976) 4. S. 215-230.
- Paivio, A.: *Imagery and Verbal Processes*. New York 1971.

- Paivio, A.: *Mental Representations. A Dual Coding Approach*. New York 1986.
- Paivio, A.: *Images in Mind. The Evolution of a Theory*. Hempstead 1991.
- Paivio, A.: *Dual Coding Theory: Retrospect and Current Status*. In: *Canadian Journal of Psychology* 45 (1991b) 3. S. 255-283.
- Parchmann, I. et al.: *Chemie im Kontext – Begründung und Realisierung eines Lernens in sinnstiftenden Kontexten*. In: *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule* 50 (2001) 1. S. 2-7.
- Pauen, S.: *Überlebt der Animismus? Kritische Evaluation einer Hypothese zum präkautalen Denken*. In: *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie* 29 (1997) 2. S. 97-118.
- Pausch, H.: *Anmerkungen zu Problemen und Strukturen der Wissenschaftssprache in der modernen Physik*. In: *Wirkendes Wort*, 21 (1971). S. 411-424.
- Pfeifer, P.: *Chemie – ein schwieriges Unterrichtsfach?* In: Pfeifer, P., Lutz, B., Bader, H. J.: *Konkrete Fachdidaktik Chemie*, München 2002. S. 120-154.
- Piaget, J.: *Das Weltbild des Kindes*. München 1999.
- Pittelkau, K.: *Was verdirbt den Spaß in Klasse 8?* In: *Chemie in der Schule*, 37 (1990) 2/3. S. 91f.
- Platon, *Der Staat*; hrsg. von Vretska, K. Stuttgart 2000.
- Püttschneider, M., Lück, G.: *Die Rolle des Animismus bei der Vermittlung chemischer Sachverhalte*. In: *Chemkon* 11 (2004) 4. S. 167-174.
- Reichertz, J.: *Abduktion, Deduktion und Induktion in der qualitativen Forschung*. In: Flick, U., von Kardorff, E., Steinke, I. (Hg.): *Qualitative Forschung. Ein Handbuch*. Reinbek bei Hamburg 2000. S. 276-286.
- Richards, I. A.: *Die Metapher*. In: Haverkamp, A. (Hg.): *Theorie der Metapher*. Darmstadt 1996. S. 31-52.
- Riedel, E.: *Anorganische Chemie*. Berlin 1994.
- Ringshausen, G.: *Von der Buchillustration zum Unterrichtsmedium*. Weinheim 1976.
- Risch, B., Lück, G.: *Stiefkinder des Sachunterrichts. Lehrplananalyse des naturwissenschaftlichen Anfangsunterrichts*. In: *Grundschule* 36 (2004) 10. S. 63-66.
- Ropohl, G.: *Eine Systemtheorie der Technik. Zur Grundlegung der Allgemeinen Technologie*. München 1979.
- Rumelhart, D. E., Norman, D. A.: *Analogical processes in learning*. In: Anderson, J. R. (Ed.): *Cognitive skills and their acquisition*. Hillsdale 1981. S. 335-359.

- Rustemeyer, R.: Geschlechtsstereotype und ihre Auswirkungen auf das Sozial- und Leistungsverhalten. In: Zeitschrift für Sozialisationsforschung und Entwicklungssoziologie 8 (1998). S. 115-129.
- Ryan, R. M., Connell, J. P., Plant, R. W.: Emotions in non-directed text learning. In: Learning and Individual Differences 2 (1990). S. 1-17.
- Ryan, R. M., Deci, E. L.: Intrinsic and extrinsic motivations: classic definitions and new directions. In: Contemporary Educational Psychology 25 (2000). S. 54-67.
- Sachs, H.: Über Naturgefühl. In: Imago 1 (1912). S. 119-131.
- Sachsse, H.: Naturerkenntnis und Wirklichkeit. Braunschweig 1967.
- Sachsse, H.: Philosophie für Chemiker? In: Chemie in unserer Zeit 3 (1969). S. 33-39.
- Scharf, V., Gröger, M.: Fiktionen in ihrer Bedeutung für chemische Forschungsprozesse. Eine Brücke zum besseren Verständnis von Lernprozessen im Chemieunterricht? In: Gräber, W., Bolte, C.: Fachwissenschaft und Lebenswelt: Chemiedidaktische Forschung und Unterricht. Kiel 1996. S. 45-72.
- Schiefele, U.: Interesse und Qualität des Erlebens im Unterricht. In: Krapp, A., Prenzel, M. (Hg.): Interesse, Lernen, Leistung. Münster 1992. S. 85-121.
- Schiefele, U.: Motivation und Lernen mit Texten. Göttingen 1996.
- Schmidt, Ch.: Analyse von Leitfadeninterviews. In: Flick, U., Kardorff, E. von, Steinke, I.: Qualitative Forschung. Ein Handbuch. Reinbek bei Hamburg 2000. S. 447-456.
- Schnotz, W.: Visuelles Lernen. In: Rost, D. H.: Handwörterbuch Pädagogische Psychologie. Weinheim 1998. S. 556-560.
- Schrödinger, E.: Is science a fashion of the times? In: Vavoulis, A., Colver, C. (Hg.): Science and Society. Selected Essays. London 1996.
- Schubert, G. H.: Die Symbolik des Traums. Bamberg 1814.
- Schultze-Frentzel, U.: Über die Berechtigung des Gebrauchs von Anthropomorphismen in Lehrbuch und Unterricht. In: Mathematik und Naturwissenschaften in der neuen Schule (1950) 1. S. 28-33.
- Schweis, H.: Moderner Naturtourismus und die Beziehung zwischen Mensch und Natur. In: Seel, H.-J., Sichler, R.: Mensch – Natur. Zur Psychologie einer problematischen Beziehung. Darmstadt 1993. S. 199-213.
- Searles, H. F.: The differentiation between concepts and metaphorical thinking in the recovering schizophrenic patient. In: Journal of the American Psychoanalytic Association 10 (1962). S. 22-49.

- Sichler, R.: Psychologische Naturhermeneutik. Moderne Naturerfahrung im Gespinnst tradierter Symbole. In: Seel, H.-J., Sichler, R.: Mensch – Natur. Zur Psychologie einer problematischen Beziehung. Darmstadt 1993. S. 71-87.
- Singer, W.: Was kann ein Mensch wann lernen? Ergebnisse aus der Hirnforschung. In: Theorie und Praxis der Sozialpädagogik (2002) 1. S. 10-14.
- Sommerfeld, H.: Modellreaktionen zur Technologie nachwachsender Rohstoffe. Aachen 1993.
- Spada, E.C.: Amorphism, Mechanomorphism, and Anthropomorphism. In: Mitchell, R.W. et al (Eds.): Anthropomorphism, Anecdotes, and Animals. New York 1997. S. 37-49.
- Spaemann, R.: Wirklichkeit als Anthropomorphismus. In: Information Philosophie 28 (2000) 4. S. 7-20.
- Star, S. L.: Sex differences and the dichotomization of the brain: Methods, limits and problems in research on consciousness. In: Hubbard, R., Lowe, M. (Hg.): Genes and Gender II. Staten Island 1979. S. 113-130.
- Stegmüller, W.: Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie. Band II: Theorie und Erfahrung. Berlin 1970.
- Steiner, H.-G.: Über Metaphern, Modelle und Mathematik. In: Bender, P. (Hg.): Mathematikdidaktik – Theorie und Praxis. Festschrift für Heinrich Winter. Berlin 1988. S. 190-201.
- Stern, D. N.: Die Lebenserfahrung des Säuglings. Stuttgart 1992.
- Stern, W.: Über Beliebtheit und Unbeliebtheit der Schulfächer. In: Zeitschrift für pädagogische Psychologie, Pathologie und Hygiene, 7 (1905). S. 267-296.
- Stürzer, M.: Geschlechtsspezifische Schulleistungen. In: Stürzer, M. et al. (Hg.): Geschlechterverhältnisse in der Schule. Opladen 2003. S. 83-121.
- Sumfleth, E.: Zum Lernen von chemischen Inhalten mit Hilfe von Instruktionbildern. In: Zur Didaktik der Physik und Chemie 1998. S. 269-271.
- Sumfleth, E., Kleine, E.: Analogien im Chemieunterricht – eine Fallstudie am Beispiel des „Balls der einsamen Herzen“. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 5 (1999) 3. S. 39-56.
- Sumfleth, E., Telgenbüscher L.: Zum Lernen von chemischen Inhalten mit Hilfe von Instruktionbildern. In: Zur Didaktik der Physik und Chemie (1998). S. 269-271.
- Sumfleth, E., Telgenbüscher L.: Chemielernen mit Bildern durch aktive Gestaltung der Lernumgebung – Beispiel Additionsreaktionen. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 6 (2000). S. 97-113.

- Sumfleth, E., Tiemann, R.: Bilder und Begriffe – Repräsentieren sie ähnliche Inhalte? In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 6 (2000). S. 115-127.
- Taber, K. S., Watts, M.: The secret life of the chemical bond: students' anthropomorphic and animistic references to bonding. In: International Journal of Science Education 18 (1996) 5. S. 557-568.
- Thiele, R. B., Treagust, D. F.: The nature and extent of analogies in secondary chemistry textbooks. In: Instructional Science 22 (1994). S., 61-74.
- Verband der Chemielehrer Österreichs (Hg.), Heureka, Ausgabe Sommer 1996. Seeham 1996.
- Vincze, L., Vincze, F.: Die Erziehung zum Vorurteil. Kritik an der Kinderpsychologie. Wien 1964.
- Vogel, G.: Abbau von Anthropomorphismen im Sachunterricht. In: Sachunterricht und Mathematik in der Grundschule, 6 (1978). S. 98-102.
- Vogelezang, M.: Zum Verhältnis von Unterrichtskonzeption und den didaktischen Prämissen (chemischer) Begriffsbildung – erläutert am Stoffbegriff. In: chimica didactica 14 (1988). S. 217-256.
- Vollhardt, K. P. C., Schore, N. E.: Organische Chemie. Weinheim 2000.
- Wagenschein, M.: Die pädagogische Dimension der Physik Braunschweig 1965.
- Wagenschein, M.: Naturwissenschaftliche Bildung und Sprachverlust. In: Neue Sammlung 11 (1971). S. 497-507.
- Wagenschein, M.: Verstehen lehren. Genetisch – Sokratisch – Exemplarisch. Weinheim 1982.
- Wajcman, J.: Gender in der Technologieforschung. In: Pasero, U., Gottburgsen, A. (Hg.): Wie natürlich ist Geschlecht? Gender und die Konstruktion von Natur und Technik. Wiesbaden 2002. S. 270-292.
- Watts, M., Bentley, D.: Humanizing and feminizing school science: reviving anthropomorphic and animistic thinking in constructivist science education. In: International Journal of Science Education 16 (1994) 1. S. 93-97.
- Weber, M.: Wissenschaft als Beruf. Berlin 1967.
- Wegner, G., Stübs, R.: Schülermeinungen und Konsequenzen für Lehrpläne. In: Chemie in der Schule, 39 (1992) 4. S. 138-142.
- Weidenmann, B. (Hg.): Wissenserwerb mit Bildern. Bern 1994.

- Weidenmann, B.: Multicodierung und Multimodalität im Lernprozeß. In: Issing, L. J., Klimsa, P. (Hg.): Information und Lernen mit Multimedia. Weinheim 1995. S. 65-84.
- Weidenmann, B.: Veränderungen des Lernens durch neue Medien. In: Zeitschrift für Pädagogik. Beiheft, 2001. S. 167-180.
- Werner, H., Carrison, D.: Animistic thinking in brain-injured, mentally retarded children. In: Journal of abnormal and social Psychology 39 (1944). S. 43-62.
- Wigfield, A., Eccles, J.: Expectancy-Value Theory of Achievement Motivation. In: Contemporary Educational Psychology 25 (2000). S. 68-81.
- Wilson, Th. P.: Normative and Interpretive Paradigms in Sociology. In: Douglas, J. D.: Understanding Everyday Life. Toward the reconstruction of sociological knowledge. London 1973. S. 57-79.
- Winnicott, D. W.: Der Anfang ist unsere Heimat: Essays zur gesellschaftlichen Entwicklung des Individuums. Stuttgart 1990.
- Witzel, A.: Das problemzentrierte Interview. In: Jüttemann, G.: Qualitative Forschung in der Psychologie. Basel 1985. S. 227-255.
- Woest, V.: Der „ungeliebte“ Chemieunterricht? Ergebnisse einer Befragung von Schülern der Sekundarstufe 2. In: MNU, 50 (1997) 1. S. 50-57.
- Wöhrmann, H.: Gedanken zur Misere des Chemieunterrichts. In: Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht 40 (1987) 5. S. 284-288.
- Wolf, E., Höner, K., Wenck, H.: Biologie oder Chemie? Eine empirische Untersuchung zum Leistungskurs-Wahlverhalten in der gymnasialen Oberstufe. In: chimica didactica, 24 (1998) 2. S. 129-150.
- Wolfendale, A.: How to spread science to the Public – the way ahead? In: Physics world, 10 (1997) 2. S. 11-13.
- Woyke, A., Scharf, V.: Der Wandlungsaspekt in der Chemie und der Bildungsauftrag des Chemieunterrichts. In: chimica didactica 28 (2002) 3. S. 221-246.
- Ziegler, A. et al.: Geschlechtsunterschiede im Fach Physik: Das Janusgesicht physikalischen Vorwissens. In: Physik in der Schule 35 (1997). S. 7f.

## 7. Anhang

### 7.1 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Scientific Literacy als Schnittmenge verschiedener Kompetenzen.....	11
Abb. 2: Überblick über die Absolventenzahlen des Diplomstudiengangs Chemie.....	14
Abb. 3: Animistische Darstellung von Methan .....	27
Abb. 4: Animistische Darstellung fließenden Wassers .....	27
Abb. 5: Animistische Darstellung der unterschiedlichen Aggregatzustände .....	27
Abb. 6: Animistische Darstellung der Elektronenleitung in Halbleitern .....	28
Abb. 7: Animistische Darstellung der Bildung eines NaCl-Ions .....	28
Abb. 8: Animistische Darstellung des Bohrschen Postulats .....	29
Abb. 9: „A Sodium Afternoon“ (Harry Li) .....	29
Abb. 10: „Calcium“ (Antoinette Tsang).....	30
Abb. 11: Themen der im <i>teutolab</i> der Universität Bielefeld angebotenen Versuchsreihen .....	109
Abb. 12: Phasenmodell zum Verhältnis qualitativer und quantitativer Analyse.....	116
Abb. 13: Ablaufmodell des problemzentrierten Interviews. ....	119
Abb. 14: Strukturformel von Amylose.....	124
Abb. 15: Helixstruktur der Amylose .....	124
Abb. 16: Strukturformel von Amylopektin .....	125
Abb. 17: Mechanismus der Ethanolbildung beim Gärprozess .....	132
Abb. 18: Aufbau einer Destillationsapparatur.....	134
Abb. 19: In naturwissenschaftlich-objektiven Anleitungen häufig verwendete Darstellung des Arbeitsschrittes <i>Einrühren in eine Flüssigkeit</i> .....	136
Abb. 20: Animistische Darstellung des Arbeitsschrittes <i>Einrühren der Diastase</i> .....	137
Abb. 21: Ablaufmodell strukturierender qualitativer Inhaltsanalyse .....	152
Abb. 22: Direkter Vergleich der Häufigkeiten der Schülerantworten bezogen auf die unterschiedlichen Vermittlungsarten.....	155
Abb. 23: Direkter Vergleich der Häufigkeiten der Schülerantworten bezogen auf die Beurteilung der unterschiedlichen Anleitungen .....	159
Abb. 24: Direkter Vergleich der Häufigkeiten der Schülerantworten bezogen auf die Beurteilung der unterschiedlichen Vermittlungsarten.....	161

## 7.2 Interviewleitfaden

### ***Fragen zur Erinnerungsfähigkeit***

- Welche Experimente hast du gemacht?
- Welches Experiment gefiel dir besonders gut? Und warum?
- Bitte schildere, was du bei den Experimenten machen solltest!
- Welche Funktion hatten die eingesetzten Chemikalien?  
(Eventuell Stimulusmaterial zeigen)

### ***Fragen zu den Modellvorstellungen der Schüler***

- Wie stellst du dir die Beschaffenheit der eingesetzten Chemikalien vor?
- Und wie stellst du dir deren Funktionsweise vor?

### ***Beurteilung des Unterschiedes zwischen der Fachsprache Chemie und der Sprache der Vermittlung im teutolab***

- Wie unterhalten sich deiner Ansicht nach „Berufschemiker“?
- Glaubst du, dass es einen Unterschied zur Sprache im *teutolab* gibt?
- Wenn ja, welchen?

### ***Beurteilung der schriftlichen Anleitungen***

- Was fällt dir an den Anleitungen aus dem *teutolab* auf?
- Was gefällt dir besonders gut an den Anleitungen, was überhaupt nicht?
- Gibt es Unterschiede zwischen den Anleitungen im *teutolab* und den Anleitungen bzw. Darstellungen in der Schule? Welche?
- Welche Anleitungen bevorzugst du?

### ***Beurteilung der mündlichen Vermittlung***

- Wie hat dir die Art und Weise gefallen, wie dein Betreuer die Versuche und die Funktionen der Chemikalien erklärt hat? Was ist dir aufgefallen?
- Wird im Chemieunterricht anders gesprochen? Beschreibe bitte die Unterschiede!
- Wo verstehst du mehr? Im *teutolab* oder in Chemieunterricht der Schule? Begründe bitte deine Einschätzung!

***Beurteilung der eigenen naturwissenschaftlichen Kompetenz***

- Wie lange hast (hattest) du bis jetzt das Unterrichtsfach Chemie?
- Wie kommst du im Fach Chemie zurecht? (Schulnote?)
- Was gefällt dir besonders am Fach Chemie, was überhaupt nicht? Wo liegen für dich die Schwierigkeiten?
- Beschäftigst du dich in deiner Freizeit mit Naturwissenschaften? Schaust du dir naturwissenschaftliche Fernsehsendungen an oder liest du naturwissenschaftliche Bücher bzw. Zeitschriften? Hast du in deiner Freizeit schon mal Experimente durchgeführt?

***Beurteilung der eigenen sprachlichen Kompetenz***

- Wie kommst du im Fach Deutsch zurecht? (Schulnote?)
- Gibt es etwas, was dir am Fach Deutsch besonders gut gefällt bzw. überhaupt nicht?
- Wird im Deutschunterricht viel gelesen?
- Liest du häufig in deiner Freizeit? Wenn ja, was?

***Bewertung des teutolab-Einflusses auf den Chemieunterricht***

- Hat dir der *teutolab*-Besuch in irgendeiner Art und Weise geholfen, Chemie in der Schule besser zu verstehen?
- Wenn ja, was hat dir geholfen?
- Gibt es etwas, was du im *teutolab* besser als im Chemieunterricht findest? Was?
- Gibt es etwas, was du im Chemieunterricht besser als im *teutolab* findest? Was?

## 7.3 Kategorien der Interviewanalyse

<b>Abfragebereich Oberkategorie</b>	<b>Code</b>	<b>Kategorie</b>
<b>Erinnerungsfähigkeit</b>	E.1	Freie Erinnerung einschließlich naturwissenschaftlicher Deutung
	E.2	Erinnerung einschließlich naturwissenschaftlicher Deutung nur mit Hilfe von Stimulusmaterial (Fotos, Anleitungen)
	E.3	Rein phänomenologische Beschreibung des Versuches; keine naturwissenschaftliche Deutung trotz Hilfestellung
	E.4	Keine Erinnerung an den Versuch
<b>Modellvorstellungen</b>	M.1	Äußerung konkreter Modellvorstellungen
	M.2	Modellvorstellungen bereiten Schwierigkeiten;
	M.3	Keine Modellvorstellungen vorhanden bzw. sie werden nicht geäußert
	M.4	Äußerungen der Modellvorstellungen sind emotional geprägt
<b>Fachsprache Chemie</b>	F.1	Unterschied zwischen „ <i>teutolab</i> -Sprache“ und chemischer Fachsprache ist bewusst
	F.2	Unterschied zwischen „ <i>teutolab</i> -Sprache“ und chemischer Fachsprache ist nicht bewusst
	F.3	Undifferenzierte Aussage
	<b>Beurteilung der schriftlichen Anleitungen</b>	A.1
	A.2	Positiv affektiv ohne Begründung
	A.3	Negativ affektiv mit Begründung
	A.4	Negativ affektiv ohne Begründung
	A.5	<i>teutolab</i> -Anleitungen gefallen besser als Chemiebuch
	A.6	Chemiebuch gefällt besser als <i>teutolab</i> -Anleitungen
	A.7	Wertungsfreie Äußerung; kein Unterschied
<b>Beurteilung der mündlichen Vermittlung</b>	V.1	Positiv affektiv mit Begründung
	V.2	Positiv affektiv ohne Begründung
	V.3	Negativ affektiv mit Begründung
	V.4	Negativ affektiv ohne Begründung
	V.5	Wertungsfreie Äußerung
	V.6	Es ist kein Unterschied zur Vermittlung in der Schule festgestellt worden
	V.7	Keine Erinnerung mehr an die mündliche Vermittlung
<b>Einfluss des <i>teutolab</i>-Besuchs auf den Chemieunterricht</b>	C.1	Begründete Äußerung, dass Chemie nach dem <i>teutolab</i> -Besuch besser verstanden wurde
	C.2	Unbegründete Äußerung, dass Chemie nach dem <i>teutolab</i> -Besuch besser verstanden wurde
	C.3	Begründete Äußerung, dass Chemie nach dem <i>teutolab</i> -Besuch nicht besser verstanden wurde
	C.4	Unbegründete Äußerung, dass Chemie nach dem <i>teutolab</i> -Besuch nicht besser verstanden wurde

#### 7.4 Interviewdaten: Regina, Gertrud-Bäumer-Realschule Bielefeld, 04.02.2003

- 1 **Int:** Ihr wart ja jetzt ungefähr vor einem halben Jahr im teutolab. (*Ja!*) An was kannst du dich da  
2 noch so erinnern, also was ist generell noch so hängen geblieben?  
3
- 4 **Regina:** Wir hatten Versuche gemacht, drei Versuche. Ähm, Alkohol... (*Ja.*) ...einmal mit dem- äh,  
5 so Pappen, Styropor... (*Hm.*) ...und ähm diese Folie. Hatten wir auch gemacht.  
6
- 7 **Int:** Habt ihr alle drei Versuche gemacht? (*Ja.*) Denn normalerweise machen die Gruppen immer nur  
8 zwei Versuche.  
9
- 10 **Regina:** Nee, Alkohol haben wir nicht gemacht. Wir haben den mit Pappe gemacht. (...)  
11
- 12 **Int:** Ach so, also, jetzt deine Gruppe hat dann jetzt Pappe und Folie gemacht. (*Ja!*) Welcher von den  
13 beiden Versuchen gefiel dir denn jetzt besser? (*Der mit der Pappe.*) Und da war ja noch, glaube ich,  
14 so ein anderer Teilversuch bei, der mit dem Kleber. (*Ja, genau!*) Gut, was gefiel dir daran so beson-  
15 ders gut, also im Gegensatz jetzt zur Folie?  
16
- 17 **Regina:** Ja also, bei dem Kleber gefiel mir, dass- wie wir das alles gemacht haben. Konnte man auch  
18 zu Hause weiter verwenden. (*Hm.*)  
19
- 20 **Int:** Das hast du auch gemacht,... (*Ja!*) ...dass du den benutzt hast? Hm.  
21 Und du sagtest eben mit diesem Styropor- das hieß anders, ich weiß nicht, ob du dich noch dran erin-  
22 nerst? (*Hm... vergessen.*) Stärkopor hieß das. (*Ja, genau, Stärkopor!*) Wie gefiel dir das so?  
23
- 24 **Regina:** Das gefiel mir auch gut. Man konnte das, glaube ich, auch essen. (*Hm, genau.*) Es hat halt  
25 auch Spaß gemacht. Man konnte diese Haushaltsgeräte dafür benutzen. (*Hm.*)  
26
- 27 **Int:** Wenn wir jetzt noch mal zum Kleber kommen-. Weißt du noch so ungefähr, wie ihr den herge-  
28 stellt habt oder was ihr so zusammengekippt habt?  
29
- 30 **Regina:** Ja, wir haben irgendwie Wasser aufgeköcht,... (*Ja!*) ...dann hatten wir das ein bisschen ab-  
31 kühlen lassen, das Wasser, und dann hatten wir ja, glaube ich, dieses Kartoffelpulver. Ich weiß nicht  
32 mehr, wie das heißt. (*Hm.*) Das hatten wir da reingemischt. Und dann hatten wir auch irgendwie so  
33 eine (...) ähm (...) - was dazugegeben, damit das länger hält und nicht kaputt geht. (*Hm.*)  
34
- 35 **Int:** Weißt du noch, wie das hieß?  
36
- 37 **Regina:** Sss- irgendwas mit S.  
38
- 39 **Int:** Genau, aber kannst du dich nicht mehr... (*deutlich verneinend: eheh.*) ...Sorbinsäure war das.  
40 (*Genau!*) Ja ist nicht schlimm. Wie gesagt, wenn du irgendwas nicht mehr weißt, dann musst du dir  
41 keine Gedanken machen. Nach einem halben Jahr passiert das schon mal.  
42 Jetzt hat euch ja auch Rebecca immer was zu den einzelnen Versuchen erzählt, oder? Also sie hat ja  
43 auch gesagt, wozu jetzt die Stoffe gut sind oder was dabei passiert. Kannst du dich da noch dran  
44 erinnern, was Rebecca euch zu den Chemikalien gesagt hat? Also, zum Beispiel, wie jetzt dieses  
45 Kartoffelpulver, wie das aussah?  
46
- 47 **Regina:** Das sah weiß aus.  
48
- 49 **Int:** Ja, ich mein jetzt so im Kleinen praktisch, so also, ja weiß ich nicht, als Molekül oder einzelnes  
50 Teilchen?  
51
- 52 **Regina:** Eheh, da kann ich mich nicht dran erinnern. (*Hm.*)  
53
- 54 **Int:** Und, ich weiß nicht, sie hat, glaube ich, auch mal so ein Bild gemalt. Also ihr hattet ja so ein  
55 großes Poster bei euch da in der Gruppe stehen. Weißt du noch, ob sie da irgendwie was aufgemalt  
56 hat, woran du dich erinnern kannst oder wie das aussah?

57

58 **Regina:** Ich weiß, dass wir das aufgemalt haben, aber ich kann mich daran nicht erinnern. Ich glaube,  
59 das waren Moleküle, irgendwelche. Ich weiß nicht, wie die jetzt aussehen.

60

61 **Int:** Hm, o.k.. Zu dem Stärkopor, also zu den komischen Platten, die man essen konnte, was du mein-  
62 test. Kannst du dich da noch dran erinnern, was ihr da so zusammengekippt habt?

63

64 **Regina:** Ähm, wie heißt das, Götter-, nicht Götterspeise. (*Also einige machen das auch mit Götter-*  
65 *speise.*) Ja, das hatten wir! (*Gelatine war das vielleicht bei euch, ich weiß es nicht.*) Nein! Irgendwie  
66 anders. Wir durften uns eine Farbe aussuchen,... (*Hm.*) ...nachher haben wir diese Kartoffel genom-  
67 men, dieses (...) Pulver. Und Wasser, glaube ich, auch noch dazu. Hatten wir, glaube ich, auch aufge-  
68 kocht.

69

70 **Int:** Ja, das kann sein, ja. Und eine Sache fehlt noch, die war noch dabei. (*Kann ich mich nicht dran*  
71 *erinnern.*)

72

73 **Pause**

74

75 **Int:** Und was Rebecca euch dazu erzählt hat, also jetzt zu dem Stärkopor. Weißt du da noch irgend-  
76 wie was, also jetzt so zu den einzelnen Substanzen, die ihr da so zusammengegeben habt? Also, wozu  
77 jetzt die Götterspeise gut war oder das- also, Backpulver, das war noch das Letzte?

78

79 **Regina:** Ich weiß nicht, Götterspeise vielleicht wegen der Farbe. (*Hm.*) Und damit das festhält oder  
80 so. (*Auch, hm.*)

81

82 **Pause**

83

84 **Int:** Ich habe da mal Fotos mitgebracht, also, von- also, jetzt von diesem Kleber, von der Station. Ich  
85 weiß jetzt nicht, dass ist wahrscheinlich nicht eure Gruppe. Aber das ist dann auch nicht ganz so  
86 wichtig. Das ist jetzt diese Station, wo ihr wart. Vielleicht kannst du dich irgendwie dran erinnern?  
87 Dieses Becherglas, wo ihr das angerührt habt. Also, wenn dir irgendwas noch zu dem Versuch ein-  
88 fällt, jetzt wo du das Foto siehst, dann sag einfach Bescheid.

89

90 **Regina:** Ja, wir hatten das auf diesem Magnet. Ich weiß nicht, wie der hieß. (*Also das war jetzt noch*  
91 *die Waage.*) Ja die Waage, ja. Und dann hatten wir das, glaube ich, so angemacht. Und dann hatten  
92 wir auch so einen Magneten in dieses Reagenzglas reingetan. Und dann hatten wir das angemacht  
93 und dann hat sich das so gerührt.

94

95 **Int:** Beim Kleber, oder...?

96

97 **Regina:** Das war beim- nee, das war bei der Folie. Das war auch, glaube ich, die Folie.

98

99 **Int:** Also, das gehört jetzt beides zum Kleber, die Fotos. (*Zum Kleber?*) Hm.

100

101 **Regina:** Ach so, ja, ja. Ach so, dann war das anders. Da haben wir das gemessen, wie viel Gramm  
102 das gewe-, gewogen hat, und auch- haben wir da auch diese Kartoffel rein getan. Und dann später  
103 haben wir das in diesem, ja, wie heißt das? (*Spritzbeutel!*) Ja, Spritzbeutel rein getan und dann den  
104 Kleber. Und dann das mit dem Hammer oder so ein bisschen festgemacht, dass das zu ist.

105

106 **Int:** Also, hier habe ich auch noch mal, was zu dem Stärkopor, ein paar Sachen. Wenn dir da noch  
107 irgendwie was einfällt...

108

109 **Pause**

110

111 **Regina:** Nein, das hatten wir eigentlich- wie ich das schon gesagt habe, haben wir das in diese Waf-  
112 fel-... (*Hm.*) ...-pfannen, oder wie die heißen, rein getan. Und dann haben wir das gebacken- wir  
113 mussten auch immer gucken, ob es nicht mehr an beiden Seiten so klebt. Bei manchen ist das nicht  
114 gelungen, weil zu früh- weil die das zu früh aufgemacht haben. (*Hm.*) Dann mussten wir das abküh-  
115 len lassen und dann konnten wir das, diese Stärkoporteilchen, auch so ankleben. (*Ach so, das habt ihr*  
116 *noch gemacht*) Ja, diese Gesichter.

117

118 *Pause*

119

120 **Int:** Jetzt habe ich mal diese Anleitung mitgebracht, die ihr im teutolab hattet, zu den beiden Versu-  
121 chen. Die kannst du dir vielleicht ja auch noch mal angucken. Vielleicht kommt dir noch irgendwie  
122 etwas bekannt vor. Oder was du jetzt- also, das war jetzt zu dem Kleber. Kannst du dich an die Anlei-  
123 tungen erinnern, dass ihr die hattet? Zu dem Versuch. Kommt das irgendwie bekannt vor?

124

125 **Regina:** Ja. Ich glaube, unsere sah ein bisschen anders aus.

126

127 **Int:** Und das war das zu dem Stärkopor. Also, wenn dir da noch irgendwie was zu einfällt. Oder was  
128 Rebecca euch vielleicht noch dazu erzählt hat. Vielleicht hat die auch die Anleitungen benutzt, um  
129 euch einiges zu erklären.

130

131 *Pause*

132

133 **Regina:** Ja wir hatten auch die Vorschriften, „Tue 20 Gramm das und das, mach das und das“. Nicht,  
134 dass wir das alles so reinkippen konnten. (*Hm.*)

135

136 *Rascheln, Pause*

137

138 **Regina:** Nee, nur das, was ich schon mal gesagt habe. (*Hm.*)

139

140 **Int:** Ähm, vielleicht hat euch Rebecca auch noch erklärt, was der Kleber besonders gut klebt, also  
141 welche Teilchen er besonders gut klebt. Kannst du dich da noch irgendwie dran erinnern? (*Papier,*  
142 *glaube ich. Ähm, irgendwas war da noch.*) Und weißt du noch, warum der genau die Sachen beson-  
143 ders gut klebt, wie man sich das irgendwie vorzustellen hat?

144

145 **Regina:** Sie hat es erklärt, aber ich weiß es nicht mehr. Ich meine, ich („?“), was ich so gesehen habe,  
146 das habe ich mir- an das habe ich mich mehr erinnert. (*Hm.*)

147

148 **Int:** O.k.. Jetzt hattest du ja gesagt, dass ihr auch die Folie gemacht habt. Als zweiten Versuch sozu-  
149 sagen. Weißt du noch, was ihr da gemacht habt, und wie das funktioniert hat, damit hinterher die  
150 Folie rauskam?

151

152 **Regina:** Da hatten wir irgendwelche Farbstoffe dazugegeben. Ich weiß nicht, wie die heißen. Dann  
153 hatten wir das mit so einem- in so einen Magneten- ein Magnet in diesen Becher reingetan. (*Hm.*)  
154 Dann- ich weiß nicht, wie das Gerät heißt? (*Magnetrührer.*) Ja, Magnetrührer. Und dann hat es, hat  
155 sich das alles durchgemischt. Da konnten wir uns auch die Farben aussuchen. (*Hm.*) Lila, blau war da  
156 auch, orange und so. Ähm (...).

157

158 **Int:** Aber was da noch so reinkam in dieses Becherglas, also außer jetzt die Farbe?

159

160 **Regina:** Wasser? (*Hm.*) Und (...) irgend so ein Stoff war da noch drin.

161

162 *Pause*

163

164 **Int:** Ich kann dir ja auch noch mal die Fotos zu zeigen. Das waren nämlich auch- ich muss mal eben  
165 gucken- doch das waren die richtigen. Also, das war dieser Platz, wo ihr gearbeitet habt. Da siehst du  
166 vielleicht so ein paar Sachen.

167

168 **Regina:** Ich weiß nicht, wie das heißt. Pipetten, nicht Pipetten, irgendwie...

169

170 **Int:** ...doch! Also mit der Pipette habt ihr das immer dann umgefüllt.

171

172 **Regina:** Nachher haben wir das auf diese Schüsseln drauf getan. (*Das ist hier auch auf dem...*) ...und,  
173 ich weiß nicht (...), ich glaube, da haben wir das alles rein gefüllt. Da waren, glaube ich, Kartoffel-  
174 diese Pulver, oder?

175

176 **Int:** Also, das habt ihr ja in dieses Becherglas getan, das auf dem Rührer stand. (*Hm, genau.*)

177

178 **Regina:** Und destilliertes Wasser.

179

180 **Pause**

181

182 **Int:** Da sind ja noch so drei Gefäße, wo Flüssigkeiten drin sind. Weißt du noch, was da drin war?

183 Was ihr da noch zugegeben habt?

184

185 **Regina:** Ich weiß nicht, was wir da zugegeben haben. Aber am Anfang dachte ich erst mal, dass die,  
186 also- weil die gefährlich sind für das Auge oder so. Aber man kann das- die sind nicht gefährlich,  
187 man kann die sogar essen, diese Folie. (*Hm.*) Weiß ich nicht.

188

189 **Int:** Also, ich kann dir ja mal die Chemikalien nennen, die da rein kamen. Vielleicht erinnerst du dich  
190 dann noch, was euch auch Rebecca dazu erzählt hat. Also das war einmal noch Salzsäure. (*Genau.*)

191 Weißt du noch, wozu die gut war? Was euch Rebecca dazu gesagt hat? (...) Oder wie die euch das  
192 gesagt hat? (*verneinend: eheh.*)

193 Die macht die Stärke ein bisschen kleiner.

194 (...)

195 Dann kam da noch Glycerin zu. Weiß nicht, ob du dich an das Wort noch erinnerst? (*Nee!*) Oder  
196 wozu das gut war, vielleicht noch? (*Daran kann ich mich nicht mehr erinnern.*) *Hm.* Das war ein  
197 Weichmacher, damit die Folie hinterher so schön elastisch ist. Weil die sonst brechen würde, wenn  
198 das da nicht drin wäre.

199 Und dann noch Natronlauge, die habt ihr da noch zugegeben. (*Aha! Das weiß ich nicht. Ich glaube,*  
200 *damit das schneller härtet oder so.*) Ja, das war dazu da, um die Salzsäure, die ihr da vorher zugetan  
201 habt, zu neutralisieren. Also, hat sie vielleicht erzählt.

202

203 **Regina:** Ich kann mich erinnern, wenn ich das wieder höre, aber dass ich mich erinnere so... (*Hm.*)

204

205 **Int:** Ja und dann noch die Lebensmittelfarbe, was du meintest, dieses Lila oder Rot, was ihr genom-  
206 men habt. Weiß ich jetzt nicht. (*Hm.*)

207 Da habe ich natürlich auch noch mal die Anleitung zu, die ihr hattet. Kannst du dir ja noch mal angu-  
208 cken. Da kommt dir ja vielleicht auch einiges bekannt vor, oder was Rebecca euch dazu erzählt hat,  
209 zu dem Versuch.

210

211 **Pause, Rascheln**

212

213 **Int:** Also, du sagtest ja auch eben, dass ihr das erhitzt habt. Weißt du noch, warum ihr das gemacht  
214 habt? Das hatte Rebecca damals, glaube ich, auch irgendwie erwähnt.

215

216 **Pause**

217

218 **Regina:** Das sich alles gut vermischt oder so?

219

220 **Int:** *Hm,* damit das besser miteinander reagiert. Dass man da ein bisschen Energie zuführt, das mein-  
221 te sie damals.

222 Fällt dir noch irgendwie was ein, was Rebecca jetzt zu den einzelnen Sachen erzählt hat? Also, zum  
223 Beispiel jetzt zur Stärke, wenn du jetzt das Bild von der Stärke da siehst, vielleicht.

224

225 **Regina:** Also, dass man von Stärke und so viele Sachen kann- machen kann- als mit diesem Erdöl,  
226 was produziert wird. (*Hm.*) Dass es auch irgendwie umweltfreundlicher ist.

227

228 **Pause**

229

230 **Int:** Gut. Jetzt hast du ja da die Anleitungen liegen. (*Hm.*) Fällt dir da irgendwie was an den Anlei-  
231 tungen auf? Gibt es irgendwas, was dir besonders gut gefällt oder gar nicht gefällt?

232

233 **Regina:** Also nee- mir hat es gefallen, dass Bilder da waren. Und, ähm, auch bei manchen Anleitun-  
234 gen, so beim Lehrer oder so, wird das nicht so gut erklärt. Und hier steht das, dass es sogar die  
235 Dummsten verstehen könnten. Also, ich habe das sofort verstanden. (*Hm.*)

- 236 Wenn ich Versuche in der Schule mache, versteht man das manchmal nicht. Dann guckt man viel-  
237 leicht mal bei den anderen ab oder so. (*Hm.*) Aber hier brauchte man eigentlich gar nichts abzugue-  
238 cken, weil das irgendwie leicht war, das zu machen.  
239
- 240 **Int:** Und jetzt sagtest du ja gerade, dass du das mit den Bildern ganz schön fandest in den Anleitun-  
241 gen. (*Hm.*) Kannst du dir vorstellen, warum man die da so reinbringt oder...?  
242
- 243 **Regina:** ...ja, damit man-. Beim mindmapping macht man das ja auch so ähnlich, damit man das  
244 behält. Und (*unverständlich*: „?“) die Kartoffel in heißes Kartoffelpulver und so vielleicht. (*Hm.*) Und  
245 dass es dann vielleicht - man- besser zu verstehen ist. Weil Bilder sagen mehr aus als tausend Worte.  
246 (*Beide lachen*)  
247
- 248 **Int:** Und in welcher Klasse bist du jetzt? (*Neunten.*) Neun.<sup>134</sup> Und letztes Jahr hattet ihr ja auch Che-  
249 mie, glaube ich, oder?  
250
- 251 **Regina:** Ja, letztes Jahr, aber dieses Jahr nicht mehr.  
252
- 253 **Int:** Da habt ihr ja wahrscheinlich auch ein Chemiebuch im Unterricht gehabt. (*Ja!*) Oder sonst ir-  
254 gendwas vom Lehrer oder so. Und sah das da anders aus als jetzt hier auf den Anleitungen?  
255
- 256 **Regina:** Ja, das war da irgendwie schwieriger. Wir haben das zwar nicht so oft benutzt, aber da war  
257 es irgendwie schwieriger. Also nicht so gut, so leicht zu verstehen. Da waren weniger Bilder... (*Hm.*)  
258 ...und, ähm, da waren z.B. Versuche, ähm, Geräte und Versuchsaufbau. Und (...) keine Bilder oder  
259 so. War das zusammengefasst. (*Hm.*)  
260
- 261 **Int:** Und wenn du dir das jetzt irgendwie aussuchen könntest, so im Chemieunterricht. Also, wenn du  
262 jetzt noch Chemie hättest. Womit kämst du besser zurecht? Also jetzt mit solchen Anleitungen...  
263 (...mit solchen Anleitungen!) ...oder eher mit dem Schulbuch?  
264
- 265 **Regina:** Mit solchen Anleitungen. Weil die sind irgendwie besser zu verstehen mit den Bildern und  
266 auch so die Erklärungen. Zu jedem, zu jedem Versuch, da war auch sofort ein Bild. (*Hm.*)  
267
- 268 **Int:** Und, ähm, Rebecca hat euch ja auch immer ziemlich viel erzählt zu den Versuchen, ne? Also  
269 immer die einzelnen Schritte erklärt und was ihr tun solltet. Du sagtest ja gerade, du könntest dich da  
270 nicht mehr so gut daran erinnern. Aber vielleicht hast du noch irgendwie so einen, ja so einen allge-  
271 meinen Eindruck, wie die das gemacht hat. Also, ob die das jetzt gut erklärt hat oder nicht so gut?  
272 Oder verständlich oder nicht verständlich? Wie hat dir das so gefallen, wie Rebecca so die ganzen  
273 Sachen erklärt hat?  
274
- 275 **Regina:** Mir hat es gut gefallen. Also, ich habe alles verstanden, was sie gesagt hat. Ich fand sie auch  
276 sehr nett. Als wir dir Plakate gemacht haben, da hat sie uns auch geholfen und so. Da konnten wir  
277 auch nachfragen. Hat sie uns beantwortet und so mit leichten Wörtern erklärt (...) ohne schwierige  
278 Begriffe. Also das fand ich eigentlich ganz schön. (*Hm.*)  
279
- 280 **Int:** Und ist das in der Schule irgendwie anders? Also war der Chemieunterricht in der Schule anders  
281 als jetzt Rebecca das gemacht hat? Wenn euer Lehrer euch jetzt irgendwas erklärt hat?  
282
- 283 **Regina:** Der Unterricht ist schwieriger. Ich hatte am Anfang eine andere Lehrerin, dann hatte ich das  
284 auch so verstanden. Die war auch so, die hat das auch so irgendwie erklärt. Und dann beim Lehrer,  
285 als es gewechselt hat, da habe ich dann mehr- nicht so ganz durchgeblickt. Sie hat auch mehr- wir  
286 hatten auch so Versuchsprotokolle gemacht, auch mehr mit Bildern und so. Das hat mir besser gefal-  
287 len. Dann hat man auch Spaß daran, das zu machen. (*Hm.*)  
288
- 289 **Int:** Und gab es denn auch irgendwelche, oder gibt es auch irgendwelche Begriffe, oder gab es die im  
290 Chemieunterricht, die du dann nicht verstanden hast, also jetzt bei deinem Lehrer? Du sagtest ja,  
291 Rebecca hätte das immer so erklärt, dass das sehr einfach war... (*Hm.*) ...und auch schwere Begriffe  
292 irgendwie einfach erklärt.

---

<sup>134</sup> Zum Zeitpunkt des *teutolab*-Besuchs war Regina noch in der achten Jahrgangsstufe.

293 War das im Chemieunterricht anders?

294

295 **Regina:** Ja, vielleicht auch das, dass die Klasse so groß ist. Wenn man so fragt, dann fühlt man sich  
296 irgendwie so komisch. Und da war das, weil wir, weil wir vielleicht keine Note oder so bekommen-  
297 dann war das auch irgendwie freier. Weil das war- wir sind da hingekommen, wussten nicht genau  
298 wie was ist und dann konnten wir auch so fragen. Weil viele Sachen waren uns so nicht bekannt.  
299 (*Hm.*)

300

301 **Int:** Und gibt es sonst irgendwelche Unterschiede? Also, wenn du jetzt einfach so die Chemie ver-  
302 gleichst im teutolab. Die Erklärungen von Rebecca, und dann in der Schule. Ist das irgendwie anders?

303

304 **Regina:** Also, wenn es so wäre wie im teutolab - in der Schule, also im Chemieunterricht - dann hätte  
305 ich mehr Spaß daran, hätte ich vielleicht auch so Interesse daran. Hätte ich auch mal meine Hausauf-  
306 gaben da gemacht und auch irgendwie (...) so könnte man auch mehr lernen. Zwar ist ein halbes Jahr  
307 um und ich weiß nur manche Sachen, aber irgendwie hat es auch mehr Spaß gemacht. Man hat mehr  
308 Freude am Lernen.

309

310 **Int:** Und hattest du den Eindruck, dass du jetzt irgendwie im teutolab - dadurch das Rebecca das so  
311 erklärt hat - dass das einfacher war zu verstehen? Oder bist du auch so in der Schule klar gekommen  
312 in Chemie?

313

314 **Regina:** Nee, also in Chemie finde ich es irgendwie schwer - den Unterricht. Weil verschiedene Wör-  
315 ter sind - so „alkalisch“ und „nichtalkalisch“ und so. Und. ähm, als sie das erklärt hatte, war das ir-  
316 gendwie leicht und für mich auch interessanter das zu machen.

317

318 **Int:** Aber du fandest das jetzt nicht albern, dass sie da jetzt sehr einfach gesprochen hat?

319

320 **Regina:** Man konnte auch nachfragen. Sie hat auch gesagt, „wer hat das nicht verstanden, dem könn-  
321 te ich das noch mal erklären.“. Dann hab ich das nachgefragt, das was ich nicht wusste und sie hat  
322 uns auch geholfen. Und auch die Plakate vorbereitet. (*Hm.*)

323

324 **Int:** Und wenn du jetzt noch mal so vergleichst, wie Rebecca so mit euch gesprochen hat. Glaubst du,  
325 dass sich auch jetzt so richtige Chemiker ähnlich unterhalten? Also wenn die jetzt in der Fabrik sind  
326 oder Firma, also richtige Berufschemiker. Oder glaubst du, die sprechen anders, dass die anders mit-  
327 einander umgehen?

328

329 **Regina:** Ich glaube, die sprechen mehr mit diesen Vokabeln, diese „alkalisch“, „nichtalkalisch“.

330

331 **Int:** Hm, also Fachbegriffe?

332

333 **Regina:** Ja, Fachbegriffe. Ich weiß nicht, das war ein bisschen ... man konnte das verstehen. Und  
334 irgendwie war das auch einfacher zu begreifen. (*Hm.*)

335

336 **Int:** Gut. Als ihr im teutolab wart - dann hattet ihr hinterher wieder ganz normal Chemieunterricht.  
337 (*Hm.*) Habt ihr da noch mal irgendwie die ganzen Versuche nachbereitet oder noch mal darüber ge-  
338 sprochen? Kannst du dich da noch dran erinnern, ob ihr da noch mal was zu gemacht habt?

339

340 **Regina:** Wir haben dazu nichts mehr gemacht. Aber wir haben noch mal besprochen, wem was gefal-  
341 len hat, was noch – also was geblieben ist. Vielleicht (...) was man noch so im Unterricht machen  
342 kann; aber die Versuche haben wir nicht mehr gemacht.

343

344 **Int:** Also nicht mehr irgendwie die einzelnen Versuche noch mal durchgegangen mit eurem Lehrer?  
345 Dass er da noch irgendwie noch was erklärt hat, was ihr jetzt noch nicht verstanden hattet?

346

347 **Regina:** Also nicht so, dass ich das behalten habe. (*Hm.*)

348

349 **Int:** Hast du denn jetzt irgendwas im teutolab auch gelernt, was du hinterher auch im Chemieunter-  
350 richt gebrauchen konntest? Also, was du jetzt vorher noch nicht wusstest und wo du dann im Che-  
351 mieunterricht hinterher gemerkt hast, „Hey das war doch genauso wie im teutolab. Jetzt wird mir das  
352 irgendwie klar“?

353

354 **Regina:** Na ja, im teutolab waren wir ungefähr zwei Wochen vor den Ferien. (*Hm.*) Und dann hatten  
355 wir, glaube ich, nur noch einmal Chemie. (*Ach so.*) Und dann hatten wir das nur noch besprochen und  
356 so die Noten vorgelesen, aber so hatten wir eigentlich keine Chemie danach, so richtig.

357

358 **Int:** Das waren jetzt hauptsächlich Fragen zu den Versuchen. (*Hm.*) Und zu den Erklärungen. Und  
359 jetzt kommen noch ein paar allgemeinere Fragen und dann sind wir auch schon durch mit dem Inter-  
360 view.

361 Wie lange hattest du jetzt insgesamt Chemie an der Schule? Also, du sagtest ja letztes Jahr in der  
362 Acht und...

363

364 **Regina:** ...ja, und Siebte, Achte, zwei Jahre. (*Hm.*)

365

366 **Int:** Und ich will jetzt gar keine Schulnote wissen, aber wie bist du so in Chemie so zurecht gekom-  
367 men?

368

369 **Regina:** Also, es hängt, glaube ich, auch von den Lehrern ab, weil bei meiner Lehrerin hat es mir  
370 Spaß gemacht – da hatte ich auch eine gute Note, eine sehr gute. (*Hm.*) Und sonst - dann ist der Leh-  
371 rer gekommen. Da hatte ich dann so eine schwache Note, das war fast schlecht. (*Hm.*)

372

373 **Int:** Und woran lag das wohl, kannst du das irgendwie...

374

375 **Regina:** ...ich finde der Lehrer - es gibt Unterschiede, wie die Lehrer das beibringen. (*Hm.*) Manche  
376 Lehrer machen da nur schreiben, Protokolle schreiben und so. Da hilft das nicht soviel.

377 Manche machen das auch mehr so mit kleinen Abfragen oder so. Und da ist das auch leichter mit den  
378 Fachbegriffen erklärt. (*Hm.*) Manche sprechen nur in diesen Fachbegriffen, da versteht man gar  
379 nichts.

380

381 **Int:** Und deine Lehrerein, also bei der du mehr Spaß hattest oder mehr verstanden hast; die hat das  
382 dann auch eher einfacher gemacht? Dass da dann weniger Fachbegriffe...

383

384 **Regina:** ...da hat es auch irgendwie Spaß gemacht. Da hatte ich auch Spaß an Chemie. Ist mir auch  
385 irgendwie, auch noch mehr geblieben, als in diesem achten Schuljahr, wo ich dann bei meinem Leh-  
386 rer hatte. (*Hm.*)

387

388 **Int:** Gibt es da denn allgemein etwas am Fach Chemie, was dich besonders interessiert? Also jetzt  
389 mal unabhängig von den Lehrern? Oder irgendwas, was du überhaupt nicht gerne machst?

390

391 **Regina:** Hm (...). Die Themen, die interessieren mich eigentlich, ich weiß jetzt nicht genau welche.  
392 Ungefähr so... ja so was wie Folien, so was umweltfreundliches, was wir gemacht haben. Das hat  
393 Spaß gemacht. Dass man wusste, dass der Kleber sogar... man kann anderen Kleber machen, der  
394 vielleicht genauso gut ist. Nicht mehr mit solchen Chemikalien, die die Umwelt verschmutzen. (*Hm.*)  
395 Ja. Und sonst eigentlich mehr auch so, ja.... Ich weiß nicht, so verschiedene Versuche halt.

396

397 **Int:** Gibt es denn auch Sachen in der Chemie, wo du jetzt irgendwie Probleme hast? Wo du dir dann  
398 die Sachen nicht genau vorstellen kannst? Worum es da gerade geht?

399

400 **Regina:** Die Tabelle, diese mit Eisen und so was. (*Das Periodensystem.*) Ja, das Periodensystem,  
401 genau, das kann ich mir irgendwie nicht vorstellen. Und diese ganzen Moleküle, wie die alle so aus-  
402 sehen, das... kann das überhaupt sein kann und so? (*Hm.*) Irgendwie nicht so.

403

404 **Int:** Also, diese ganz kleinen Teilchen, wie die aussehen und reagieren, das kannst du dir nicht so gut  
405 vorstellen? (*bejahend: Hm!*)

406 O.k., und wie gerne hast du so das Schulfach Chemie? Oder hattest du? Also, war das eher ein Lieb-  
407 lingsfach oder hättest du da auch gerne drauf verzichten können? Kannst ruhig ehrlich sein.

408

409 **Regina:** Es ist nicht so, dass ich drauf verzichten könnte, aber so, na ja, wenn ich Chemie hatte, bin  
410 ich so... kommt drauf an, was für ein Thema wir hatten. (*Hm.*) Und auch vom Lehrer. Also so durch-  
411 schnittlich.

412

- 413 **Int:** Ja. Ihr habt ja auch Deutsch hier an der Schule. So ganz normal. (*Hm.*) Wie gefällt dir das Fach  
414 so, hast du das lieber als Chemie oder...? (*eher schüchtern: Ja!*) Ist ja nicht schlimm. (*Beide lachen*)  
415 Es kann nicht jeder Chemie mögen.  
416
- 417 **Störung im Hintergrund**  
418
- 419 **Int:** Gut, ähm, und was macht ihr gerade im Fach Deutsch? Oder allgemein?  
420
- 421 **Regina:** Also, vor dem Thema hatten wir Bewerbungen, jetzt haben wir Goethe.  
422
- 423 **Int:** Also, wird da auch viel gelesen oder...?  
424
- 425 **Regina:** Nee, gelesen – mussten - müssen immer so weiterdenken, was wir darüber schon wissen und  
426 so. Was uns interessiert, weiter. (*Hm.*) So Ideen auch reinbringen.  
427
- 428 **Int:** Und machst du das gerne oder liest du gerne?  
429
- 430 **Regina:** Lesen mag ich nicht. (*Beide lachen*)  
431
- 432 **Int:** Ich weiß nicht, ich hatte das gerade gefragt, wie dir Deutsch so gefällt. Da kam gerade deine  
433 Lehrerin rein. (*Hm.*) Ich weiß gar nicht, ob du das schon beantwortet hattest. Ob Deutsch jetzt eher  
434 irgendwie eins deiner Lieblingsfächer ist oder...  
435
- 436 **Regina:** (offensichtlich nach der richtigen Formulierung suchend): ...nee, also das gehört zu den  
437 Lieblingsfächern. Das hängt auch vom Lehrer ab. Also, bei mir hängt das mehr vom Lehrer ab, wel-  
438 chen Lehrer wir haben. Und ich weiß nicht, bei anderen - aber z.B. wenn ich den Lehrer habe, macht  
439 mir das - kommt einem - wie der Lehrer das so beibringt oder - mehr so für uns - interessiert uns  
440 nicht so - Arbeitsblätter. Arbeitsblätter und so. Sondern mehr auch, wenn man so nachfragt. (*Hm.*)  
441
- 442 **Int:** Gut, jetzt kommen noch so ein paar allgemeine Fragen und dann sind wir schon durch.  
443 Was machst du in deiner Freizeit gerne, hobbymäßig?  
444
- 445 **Regina:** Regelmäßig? Ich gehe gerne schwimmen und auch so, ähm, ich will Modellehrerin werden  
446 und deswegen nähe ich gerne so zu Hause, zeichne ich diese Figuretten. (*Hm.*)  
447
- 448 **Int:** Hast du denn schon mal irgendwie was in deiner Freizeit jetzt mit Naturwissenschaften zu tun  
449 gehabt? Mit Chemie oder Physik, also irgendwas?  
450
- 451 **Regina:** Physik ja, so diese Versuche. Da hatten wir so einen Versuchskasten bekommen. (*Hm, also*  
452 *jetzt bei dir zu Hause?*) Ja, von meinen Eltern. Da hat mein Bruder das gemacht und da hab ich so ein  
453 bisschen mitgemacht und ein bisschen gelötet und so. (*Hm.*) Aber so...  
454
- 455 **Int:** ...und hat dir das irgendwie gefallen oder...?  
456
- 457 **Regina:** Es geht eigentlich so. Nicht, dass es mich so interessiert hätte, aber so aus Spaß mal so rein-  
458 zugucken, was es ist...  
459
- 460 **Int:** Und irgendwie Fernsehsendungen oder Bücher, die irgendwas mit Naturwissenschaften zu tun  
461 haben. Guckst du dir das mal an? Ich weiß nicht, im Fernsehen gibt es ja so „Galileo“ oder „Quarks  
462 & Co“ oder so etwas.  
463
- 464 **Regina:** Ja, „Galileo“ mag ich gucken. (*Hm.*) Weil meine Eltern das gerne gucken. Mein Vater guckt  
465 das gerne und dann guck ich auch mit. Die Flugzeuge, wie die aufgebaut sind und so halt. Da gibt es  
466 manchmal solche Themen. (*Hm.*) Und „Quarks & Co“ habe ich auch schon mal geguckt. Das ist auch  
467 interessant. Aber Bücher zu lesen... so mit Bildern. Dann kann man die sich so durchgucken. Aber  
468 immer zum Lesen. Eigentlich nicht.  
469
- 470 **Int:** O.k.. Und, also, jetzt diese Fernsehsendungen, hast du das schon immer gemacht, dass du dir die  
471 ab und zu angeguckt hast mit deinem Vater oder ist das jetzt erst irgendwie seit Neuestem?  
472

- 473 **Regina:** Nee, eigentlich schon lange. Als ich klein war... also kommt darauf an, welche Themen da  
474 sind. (*Klar!*) Und dann, ne, wenn es interessante Themen sind, dann guckt man das gerne.  
475
- 476 **Int:** Und irgendwelche Experimente, hast du die schon mal gemacht? Ich weiß nicht, mit Eltern,  
477 Bekannten, Freunden? Also, dass du mal irgendwie einfach was zusammengekippt hast, um mal zu  
478 gucken, was passiert oder so?  
479
- 480 **Regina:** Ich glaube nicht.  
481
- 482 **Int:** Gut. Ja, im Großen und Ganzen war es das schon. Ähm, möchtest du noch irgendwas zum teuto-  
483 lab loswerden, was dir jetzt gut gefallen hat oder gar nicht gut gefallen hat? Was wir jetzt besser  
484 machen könnten oder so?  
485
- 486 **Regina:** Mir hat eigentlich alles gut gefallen. Die Leute, die waren auch sehr nett. Und auch die, die  
487 Vorbereitung. Die Mikrofone, ja die haben uns am Anfang ein bisschen gestört, aber danach wussten  
488 wir gar nicht, dass die Mikrofone oder die Kameras oder... Also, die haben eigentlich nicht so doll  
489 gestört. (*Hm.*) Am Anfang, wenn man so guckt, dann denkt man „Öh, hier ist ein Mikrofon.“ oder so!  
490 (*Klar!*)
- 491 Ja aber so. Also mir hat es eigentlich sehr gefallen. Wenn es so weiter wäre, auch einmal im Jahr,  
492 vielleicht eine Schulklasse...  
493
- 494 **Int:** ...also du würdest da auch noch mal hingehen. (*Ja, genau!*) Jetzt nur mit der Schulklasse oder  
495 jetzt auch mal so, weiß ich nicht, privat mit Freunden oder so.  
496
- 497 **Regina** (euphorisch): Privat auch!  
498
- 499 **Int:** Also würdest du, wenn das nachmittags mal angeboten würde, ein paar Versuche einfach mal so  
500 machen? (*Da würde ich mitmachen!*) Hm. Gut. Ja, alles klar, das war es eigentlich schon. (*Beide*  
501 *lachen*)
- 502 Dann vielen Dank, dass du das mitgemacht hast.

### 7.5 Interviewdaten: Joana, Kreisgymnasium Halle, 11.12.2002

- 503 **Int.:** Du warst ja jetzt vor ein paar Monaten im *teutolab*. An was kannst du dich da noch besonders  
504 gut erinnern?  
505
- 506 **Joana:** Also, eigentlich, dass es ziemlich spaßig war. Weil, man konnte halt selbst auch, nur unter  
507 Anleitung von dem Gruppenführer da, selbst Experimente durchführen. Und es war halt mal so ein  
508 bisschen was anderes als im normalen Chemieunterricht. Und... es hat eigentlich ziemlich viel Spaß  
509 gemacht.  
510
- 511 **Int.:** Ihr habt ja Experimente gemacht. Weißt du noch, was ihr da gemacht habt?  
512
- 513 **Joana:** Ja, wir haben einmal Stärkopor hergestellt und Klebstoff, und wir haben Alkohol destilliert.  
514
- 515 **Int.:** Ach so, Alkohol, ja gut. Und welcher Versuch gefiel dir besser? Kleber und Stärkopor gehörte  
516 ja irgendwie zusammen damals (*ja*). Und, was gefiel dir da besser?  
517
- 518 **Joana:** Also, ich fand das mit dem Stärkopor ein bisschen besser. Auch weil es ein bisschen schwie-  
519 riger war, weil man da so ein bisschen was reinpanschen musste. Aber es hat so eigentlich mehr Spaß  
520 gemacht.  
521
- 522 **Int.:** Weißt du denn noch ungefähr, was ihr da gemacht habt? Also, wenn wir jetzt das Stärkopor  
523 noch mal nehmen; wie ihr das hergestellt habt? Ist dir das noch ein bisschen in Erinnerung?  
524
- 525 **Joana:** Ähm, ja, also, die Zutaten nicht wirklich, also (*leicht verlegen*). Aber hinterher haben wir es  
526 in so einer Art Waffeleisen rein getan, und das musste dann gepresst werden. Und das war halt ziem-  
527 lich hart aber, schmeckte aber auch ganz gut eigentlich.

528

529 **Int.:** Ihr habt das auch hinterher gegessen? (*ja!*) Ja, kann man ja auch, ist ja nichts Schlimmes drin.  
530 Aber an die Zutaten, an die Chemikalien, die ihr so benutzt habt...?

531

532 **Joana:** ...nee, in dem einen war irgendwie Gelatine oder so drin? (*hm, genau*) Und halt Stärke, ja und  
533 Wasser logischerweise. Musste man ja irgendwie zusammenpanschen. Aber sonst eigentlich nicht.

534

535 **Int.:** War auch noch eine Sache.. (...).... Backpulver?

536

537 **Joana:** Ach so, ja, kann wohl sein (*lachend*).

538

539 **Int.:** Olaf hat euch, auch immer einiges zu den Versuchen erzählt, oder? Also, wozu jetzt die einzel-  
540 nen Zutaten gut sind.

541

542 **Joana:** Ja, z. B., dass man manche Zutaten braucht, um, damit das nicht anfängt zu schimmeln und so  
543 (*ja*). Aber, es kann halt sein - er hat uns auch gesagt, dass wir nach einer gewissen Zeit den Kleber  
544 lieber wegschmeißen sollten. Das könnte sonst sein, dass der explodiert.

545

546 **Int.:** Stimmt, wenn da noch ein bisschen Luft drin ist. Wenn wir noch mal zum Stärkopor kommen.  
547 Weißt du noch, was Olaf euch dazu gesagt hat? Wozu die einzelnen Sachen gut sind. Kannst du dich  
548 daran irgendwie erinnern? (*Nee!*) Nicht schlimm, da musst du dir keine Sorgen machen.

549 Und den Stärkekleber - hattest du ja eben gesagt - habt ihr dann noch dazu gemacht - vor dem Stär-  
550 kopor. (*Ja!*) Weißt du noch, wie ihr das gemacht habt?

551

552 **Joana:** Also, wir mussten, ähm, Wasser und Gelatine, das mussten wir... also, oder so... also wärmer  
553 machen. Also, so, in der Mikrowelle (*hm*). Und dann wurde das, also Stärke, da rein gemischt und  
554 das wurde dann umgerührt. Und dann mussten wir kräftig rühren, bis das dann halt so einigermaßen  
555 klebrig oder fest war halt.

556

557 **Int.:** Eine Sache war noch dabei - das hattest du eben schon mal gesagt - dass das nicht schimmelt.  
558 Weißt du noch, was ihr dazu gegeben habt? Wie das hieß? (*Nee!*) Eine Säure war das. Kannst du dich  
559 da noch irgendwie dran erinnern? (...) Sorbinsäure?

560

561 **Joana:** Ach so, ja jetzt (*lachen*), jetzt gehört schon mal, aber... (*unverständlich*)

562

563 **Int.:** Ich habe auch Fotos davon mit. Also, vielleicht fällt dir dann irgendwie noch was ein, was euch  
564 Olaf dazu gesagt hat, zu den Zutaten. Das ist jetzt einmal zu dem Kleber, Moment. Also wenn dir  
565 irgendwas bekannt vorkommt, oder irgendwas in Erinnerung gerufen wird, dann – das war das zu  
566 dem Stärkopor, die drei Fotos –

567

568 **Joana:** Ja, nur, dass das, ähm, also dass der Kleber ziemlich heiß geworden ist. Und ähm, dass da  
569 halt möglichst keine Luft rein soll, damit wir - also damit das hinterher nicht irgendwie so explodiert.  
570 (*zustimmend: hm*) Und ähm, ja, dass die ganzen Stoffe natürlich abbaubar sind. (*Hm, genau*).

571 Ja und sonst eigentlich nichts, so.

572

573 **Int.:** Olaf hat euch auch erklärt, wie dieser Kleber funktioniert. Kannst du dich da noch daran erin-  
574 nern?

575

576 **Joana:** Gott! (*lachen*) Also, nur das halt da bestimmte Teile miteinander verbunden werden oder so  
577 (*hm*). Aber...

578

579 **Pause**

580

581 **Int.:** Und welche? Weißt du noch, welche Teile besonders gut mit diesem Kleber praktisch zusam-  
582 mengeklebt werden können? Also, einige kann der ja besonders gut kleben und einige nicht so gut.  
583 Weißt du das noch? (*Nee!*) Gut klebt der so poröse Sachen.

584

585 **Joana:** Ja, jetzt - also nicht so, was so glatte Oberflächen hat (*genau*).

586

587 **Int.:** Weißt du noch, warum das irgendwie so war? (*Nö!*)

- 588 Also der Kleber, der hakt sich dann so ein bisschen in diese poröse Oberfläche ein. Und bei den glat-  
589 ten Oberflächen würde der einfach abrutschen. Aber wenn du dich nicht mehr daran erinnern kannst,  
590 ist das nicht schlimm.
- 591 Du sagtest, ihr habt immer Stärke genommen, bei den Versuchen - also bei dem Kleber und auch bei  
592 dem Stärkopor. Kannst du dich noch dran erinnern, was Olaf euch zur Stärke gesagt hat, also wie die  
593 aussieht?
- 594
- 595 **Joana:** Also, dass das – Also, wenn man jetzt, glaube ich, Kartoffelstärke? (*ja*) Und das ist halt so ein  
596 weißes Pulver so (*zustimmend: hm*). Was halt aus dem - also wenn man jetzt Kartoffeln schält, z. B.,  
597 wird ja, ist ja oben so, so eine weiße Flüssigkeit drauf. Und das ist halt Stärke (*hm*).  
598
- 599 **Int.:** Und wie das im Kleinen aussieht? Vielleicht hat er euch was aufgemalt, ich weiß nicht so ge-  
600 nau.  
601
- 602 **Joana:** Nee, zur Stärke hat er uns nichts aufgemalt (*zustimmend: hm*).  
603
- 604 **Int.:** Kannst du dich auch nicht mehr dran erinnern, dass er da noch irgendwas gesagt hat? Wie das  
605 jetzt so ganz im Kleinen aussieht?  
606
- 607 **Joana:** Nee, wir hatten da zwar mal so ein Bild, aber das war eher zum Alkohol. (*Ach so!*) Das war  
608 etwas komplizierter. (*beide lachen*)  
609
- 610 **Int.:** Du sagtest Alkohol war ein bisschen komplizierter. Weißt du noch, was ihr da so...?  
611
- 612 **Joana:** ...ja, da musste man halt zu einer bestimmten Temperatur, musste man halt das da, so eine  
613 Substanz - ich weiß jetzt auch nicht, ich kann mich jetzt nicht mehr an den Namen erinnern - da rein  
614 geben. Und dann musste das in so ein kleines Schränkchen oder so gestellt werden (*genau*), damit das  
615 halt seine Wirkung da besonders entfalten kann. (*Ja!*)  
616
- 617 **Int.:** Weißt du noch, welche Wirkung das war?  
618
- 619 **Joana:** (*eher an sich selbst gerichtet*) Das ist ungefähr so, als wenn man eine Mathearbeit machen  
620 würde und die noch mal aufrollt.  
621 Ähm, nee also, also ich glaube, dass war, damit das so gären kann oder damit die, also, damit das -  
622 Da muss man ja was darauf tun, damit das dann nicht, damit da kein Sauerstoff dran kommt und (...)  
623 ja.  
624
- 625 **Int.:** Ich habe natürlich auch Fotos. Kannst du ja mal kurz angucken. Hier unten, das sind die zu dem  
626 Alkohol. Die (*anderen*) nehme ich mal kurz weg. Vielleicht fällt dir dann irgendwie noch etwas ein,  
627 was ihr so gemacht habt oder was euch Olaf dazu gesagt hat.  
628
- 629 **Pause**  
630
- 631 **Joana:** Also, da war auch so ein Kühlungsschlauch, so mit Kühlwasser. Dass da - damit das nicht zu  
632 heiß läuft (*hm*). Was trotzdem heiß geworden ist; und dass die ersten paar Tropfen, die da rauskom-  
633 men, ziemlich hochprozentig sind und dass das, was danach kommt, nicht mehr ganz so rein ist. (*hm*)  
634 Und ähm... ja ähm, das war halt, das war, wenn man das da rein tut, dann war es nicht so weiß. Das  
635 ist dann erst hinterher so geworden. Das war, ja, das war ja erst klare Flüssigkeit. Und jedenfalls, hat  
636 das nicht gut geschmeckt. (*Ach, das habt ihr auch probiert?*) Ja, nur mal so den Finger reintauchen!  
637 (*ja*)  
638
- 639 **Int.:** Ich habe da noch mal die Anleitung mit zu dem Alkohol, die ihr da auch im *teutolab* hattet. Du  
640 kannst dir die ja mal angucken und vielleicht kommt dir dann ja irgendwie noch was bekannt vor.  
641 Oder vielleicht irgendein Begriff, den Olaf euch erklärt hat, was er euch dazu gesagt hat. Dann sprich  
642 einfach drauf los.  
643
- 644 **Längere Pause; Überlegungen**  
645
- 646 **Joana:** Also ähm, er hat uns halt gesagt, dass wir bei Diastase aufpassen sollten, weil das nicht so  
647 besonders förderlich für die Gesundheit ist (*lachen*) und ähm... Das Kalkwasser war halt dieses Zeug,

- 648 was halt weiß war. (*hm*) Und ähm, ja... und ähm, ich glaube, Hefe brauchte man noch zum Gären,  
649 oder so. Also, da bin ich mir aber nicht so ganz sicher. (*hm, stimmt aber*) Und sonst noch (...) ja...  
650
- 651 **Int.:** Weißt du denn noch, wozu diese - du sagtest ja eben Diastase - hatte Olaf euch da noch was zu  
652 erzählt, wozu die jetzt genau gut ist?  
653
- 654 **Joana:** Ja sicher, aber daran erinnere ich mich nicht mehr so gut. (*hm*)  
655
- 656 **Int.:** O. K., ist auch nicht schlimm (*ja*). Das spaltet die Stärke, macht die kleiner. (*Ach so*) teilweise.  
657 Und hinterher tut man noch die Hefe drauf, die macht das noch kleiner und aus diesen ganz kleinen  
658 Einheiten dann den Alkohol. Vielleicht kannst du dich ganz grob daran erinnern.  
659
- 660 **Joana:** Ja, wo sie es sagen schon (*lachen*).  
661
- 662 **Int.:** Oder was er euch zur Hefe erzählt hat? Was Hefe ist, weißt du das noch?  
663
- 664 **Joana:** Also ähm, das ist, glaube ich, so ein Pilz, so eine Pilzart und ja, das benutzt man ja auch zum  
665 Backen, damit das aufgeht. (*genau*)  
666
- 667 **Int.:** Dann ist ja doch noch einiges hängen geblieben. (*beide lachen*)  
668 Und dann, der zweite Teil, das war ja das mit dem Gerät hier. Also erst habt ihr ja diesen Alkohol  
669 hergestellt. Und du hast ja gesagt, hinterher habt ihr den getrennt.  
670
- 671 **Joana:** Also, wir haben den ja nicht direkt hergestellt, der war ja schon vorher da.  
672
- 673 **Int.:** Ja, O. K., aber (*das hätte sonst zu lange gedauert*). Ja aber im Grunde genommen, habt ihr das  
674 ja für die Woche danach dann hergestellt. Also, die Gruppe, die danach kam, die Woche, die hat dann  
675 euren Ansatz genommen.  
676 Ihr hattet ja den dann von der Gruppe, die eine Woche vor euch da war.  
677 Ähm, kannst du da noch irgendwie was zu sagen, wie das genau funktioniert hat. Oder was euch Olaf  
678 so erklärt hat, wie das genau funktioniert?  
679
- 680 **Joana:** Also ähm, einmal hatten wir so einen, also diese Flüssigkeit, also diesen Alkohol da (*zustim-*  
681 *mend: hm*). Und ähm, der musste halt erhitzt werden. Und dann musste das alles zugemacht werden,  
682 also damit da keine Luft dran kommt (*hm*). Und da war dann in so einem kleinen Röhrchen Kalkwas-  
683 ser oben drin. Also, bei diesen Fläschchen, die wir da hatten (*ja, das war dies hier, ne? / zeigen des*  
684 *Fotos*) Ja! Und ähm, das ist dann ähm, ja, wenn das halt verdampft, dann schlägt das ja –  
685 Also, der Dampf geht ja nach oben (*hm*) und das ähm, das geht dann halt, also, das schlägt dann halt  
686 in diesem Röhrchen dann an. Und wenn das dann wieder kalt wird, dann tropft das halt dann wieder  
687 unten raus (*hm*).  
688
- 689 **Int.:** Genau. Olaf hat euch ja immer wahrscheinlich ziemlich viel erklärt. (*Ja!*) und erzählt. Wie fan-  
690 dest du das so, wie er das gemacht hat?  
691
- 692 **Joana:** Es war manchmal... manchmal war es ein bisschen kompliziert, was zu verstehen. Aber wenn  
693 man dann nachgefragt hat, dann hat er es auch noch mal erklärt (*hm*). Und ähm, im großen und gan-  
694 zen, er hat halt nicht die ganze Zeit nur geredet und geredet. Es war eigentlich so kurz und bündig,  
695 dass man es ganz gut verstehen konnte. (*hm*)  
696
- 697 **Int.:** Du sagtest, manchmal war es ein bisschen kompliziert. Kannst du das irgendwie genauer fassen,  
698 was da jetzt kompliziert war?  
699
- 700 **Joana:** Ja ähm, man musste halt so bestimmte Sachen so auf, in ml oder so halt einfüllen, z. B. Was-  
701 ser. Und das war nicht immer so ganz einfach. Und ähm, manchmal war, sind Sachen auch besonders  
702 heiß geworden und da musste man aufpassen, dass man sich das nicht auf die Finger schüttet. Und  
703 das man nicht zu viel oder zu wenig da rein tut und ja, und bei dem Stärkopor besonders, da ist es  
704 dann manchmal kleben geblieben. Oder es ist erst gar nicht irgendwie so, manchmal war es irgendwie  
705 zu dünn, mal zu dick und da musste man schon ein bisschen, bisschen, also ziemlich genauer nachgu-  
706 cken. Ob es dann auch die richtige Mischung war. (*hm*)  
707

708 **Int.:** Ist halt Chemie (*beide lachen*).

709

710 **Joana:** Ja, sonst hätte es ja auch keinen Spaß gemacht, wenn man das einfach so reinpanschen würde.  
711 (*Ja!*)

712

713 **Int.:** Du sagtest, Olaf hätte euch das alles ganz gut erklärt soweit; so, dass ihr das ganz gut verstehen  
714 konntet.

715 Glaubst du, dass sich so Chemiker, also so richtige Chemiker in irgendwelchen Firmen oder Fabri-  
716 ken, genauso über Chemie unterhalten, wie Olaf das gemacht hat, also sich mit euch unterhalten hat?  
717 Oder glaubst du, da gibt es irgendwelche Unterschiede?

718

719 **Joana:** Also, ich denke mal nicht, dass die sich das alles gegenseitig so erklären. Ich denke mal, da  
720 sind ein paar mehr Fachausdrücke bei und das ist wahrscheinlich auch etwas kürzer gefasst.

721

722 **Int.:** Hat Olaf denn auch Fachbegriffe benutzt?

723

724 **Joana:** Ja, er hat schon Fachbegriffe benutzt, aber dann hat er sie uns halt auch erklärt, was das be-  
725 deutet. Und wenn er es halt nicht erklärt hat, dann konnten wir noch mal nachfragen. (*ja*)

726

727 **Int.:** Ich habe dir ja eben noch mal die Anleitungen gezeigt, die ihr da zu den Versuchen hattet. Ich  
728 habe hier auch noch mal die zu dem Stärkopor. Die kann ich dir auch noch mal eben zeigen. Und zu  
729 dem Kleber. Das eine ist zum Stärkopor, das andere zu dem Kleber.

730 Fällt dir da irgendwas an den Anleitungen auf, oder?

731

732 **Blättern**

733

734 **Joana:** Also ähm, was besonders auffällt, dass besondere, also Sachen, die wichtig sind, dass sie dick  
735 gedruckt sind. Und dass es mit Bildern ganz gut erklärt ist. Also nicht so einfach alles so runter ge-  
736 schrieben, sondern alles auch mit so ein paar Symbolen und dann auch erklärt ist, was zu tun ist (*hm*).  
737 Und das ist halt etwas praktischer gestaltet ist. Und nicht einfach so, „Geben sie das dort rein und  
738 füllen sie es dann so um und lassen sie es dann einmal kurz aufkochen.“

739 Also nicht wie so eine Backanleitung. Sondern halt auch so mit Bildern. Und das ist ziemlich über-  
740 sichtlich. Leicht verständlich (*hm*).

741

742 **Int.:** Bilder, die sind dann schon - die machen die ganze Sache ein bisschen verständlicher?

743

744 **Joana:** Ja, weil wenn man da vor so einer DIN-A4-Seite Text stehen würde, dann hätte man erstens  
745 keine Lust, sich das so genau durchzulesen und zweitens würde man dies nicht so auf Anhieb verste-  
746 hen. Und so, finde ich, ist das eigentlich gut verständlich. (*zustimmend: hm*)

747

748 **Int.:** Hattet ihr letztes Jahr auch ein Chemiebuch?

749

750 **Joana:** Ja, haben wir aber nicht reingeguckt.

751

752 **Int.:** Habt ihr gar nicht benutzt?

753

754 **Joana:** Wir benutzen die Biobücher auch nie.

755

756 **Int.:** Ach so (*lachen*). Was nehmt ihr dann da so? Also...

757

758 **Joana:** Ja, wir kriegen ab und zu Zettel, oder wir machen das halt im Unterricht. Wir schreiben das  
759 dann mit. Wir gucken dann manchmal rein. Wir haben auch Salzkristalle gemacht, aber eigentlich  
760 sind die so für den Unterricht ziemlich überflüssig. Es sei denn, man muss mal Sachen abzeichnen.  
761 (*hm*)

762

763 **Int.:** Ja, O. K., wenn ihr keine Chemiebücher hattet... Aber ihr hattet ja auch diese Zettel, meinstest du  
764 eben...

765

766 **Joana:** ...ja, ab und zu. Wir haben ja auch ab und zu mal einen Test geschrieben.

767

768 **Int.:** Waren die denn so ähnlich wie die Anleitungen, oder waren die anders?

769

770 **Joana:** Also, in den Zetteln oder manchmal auch in den Chemiebüchern, da sind halt, da steht halt  
771 eine Menge Text. Und dann stehen auf der rechten Seite oder linken oder unten drunter oder halt  
772 irgendwo sind dann halt erklärte, mehr oder weniger erklärte Abbildungen. Und dann muss man sich  
773 das halt immer so zusammensuchen, welche Textabschnitte so zu den Bildern passen. (*hm*) Aber  
774 meistens steht dann ja auch drunter „Abbildung 3 von Seite 64“ oder so was.

775

776 **Int.:** Hm, und ähm, was findest du besser, also wenn du dir was aussuchen könntest?

777

778 **Joana:** Also, ich find diese Zettel, die wir hier gekriegt haben, eindeutig besser, weil da versteht man  
779 sofort, was gemeint ist und das ist halt auch geordnet und nicht so... Bei den Chemiebüchern oder  
780 Zetteln, da kriegt man meisten einen Text vorgesetzt. Und dann werden die Zutaten erst nach und  
781 nach eingeführt. Und hier steht gleich, was man sich da zurecht legen muss. Und das ist ein bisschen  
782 einfacher.

783

784 **Int.:** Also, findest du die jetzt aus dem *teutolab* besser (*Ja!*)

785 O. K., wenn wir jetzt noch mal kurz - wenn ich jetzt noch mal zu Olaf frage, wie er euch das erklärt  
786 hat...

787 Du sagtest ja eben, dass wäre alles leicht verständlich gewesen (*ja*) so im Großen und Ganzen.  
788 Kannst du das, wenn du das jetzt so mit eurem Chemieunterricht vergleichst, mit eurem Chemielehrer,  
789 den ihr hattet, gibt es da irgendwie einen Unterschied?

790

791 **Joana:** Ähm, ich finde eigentlich, beide haben das – also unser Chemielehrer und Olaf – die haben  
792 das eigentlich beide gut gemacht, aber ähm, es ist halt so ein, in dem Sinne ein Unterschied, dass,  
793 ähm, wir im Chemieunterricht, wenn wir da, ähm, haben wir eigentlich keine Fachbegriffe.

794 Wenn wir Fachbegriffe benutzen, dann werden die mit einer kurzen Definition an die Tafel geschrie-  
795 ben oder so. Dann weiß jeder, worum es geht und das schreibt man sich manchmal halt auch ab (*hm*)  
796 und ähm, eigentlich sonst wird es halt immer so erklärt, dass es möglichst, dass wir es alle sofort  
797 verstehen. Und das da keine Begriffe drin sind, die wir nicht kennen oder so. (*hm*)

798

799 **Int.:** Und Olaf hat das ähnlich gemacht, oder?

800

801 **Joana:** Ja, schon ähnlich, aber halt manchmal auch Begriffe benutzt. Aber das liegt wahrscheinlich  
802 auch daran, dass Olaf nicht wusste, welche Begriffe wir kennen und welche wir nicht kennen.

803

804 **Int.:** Ja, das kann natürlich sein. Also da waren schon ein zwei Sachen, die ihr dann noch nicht kann-  
805 tet, oder wusstet, was es ist?

806

807 **Joana:** Ja. Nur das wir im Chemieunterricht die Struktur von z. B. Alkohol, wie das zersetzt wird  
808 oder so. Das besprechen wir im Chemieunterricht nicht. (*hm*) Oder haben wir zumindest noch nicht.

809

810 **Int.:** Kommt bestimmt noch.

811

812 **Joana:** Das befürchte ich auch.

813

814 **Int.:** Ähm, aber im Großen und Ganzen fandest du das O. K., wie Olaf das gemacht hat?

815

816 **Joana:** Ja, es war mal was Anderes. Ich hätte auch nicht erwartet, dass es genauso ist wie im Che-  
817 mieunterricht. Dann hätte man auch gar nicht dahin fahren müssen (*ja, stimmt*).

818

819 **Int.:** Wenn du das jetzt noch mal so vergleichst, also so, das *teutolab* mit dem Schulunterricht, Che-  
820 mieunterricht. Hast du irgendwie im *teutolab*, hattest du da den Eindruck, dass du da mehr verstehst  
821 als im Chemieunterricht? Oder umgekehrt?

822

823 **Joana:** Also, in dem Sinne mehr verstehen, weil, ähm, *teutolab* konnte man halt die Experimente am  
824 Stück machen. Und im Chemieunterricht ist es manchmal so, dass sich Experimente über mehrere  
825 Stunden hinziehen. Und wenn man dann irgendwie nur zweimal in der Woche, beispielsweise nur  
826 montags und donnerstags, Chemie hat, dann hat man über die Zeit dann auch schon einiges wieder  
827 vergessen. (*zustimmend: hm*) Und dann muss man sich das noch mal durchlesen.

- 828 Und es ist dann halt auch ein bisschen schwieriger, bestimmte Beobachtungen zu machen. Oder auf-  
829 zuschreiben, wenn man halt nicht die ganze Zeit dabei ist. (*zustimmend: hm*)
- 830 Und von daher war es da eigentlich besser zu verstehen. (*Im teutolab dann?*) Ja!  
831
- 832 **Int.:** Habt ihr die Versuche denn auch noch mal nachbereitet im Unterricht, die ihr jetzt im *teutolab*  
833 gemacht habt? Habt ihr die noch mal besprochen?  
834
- 835 **Joana:** Also, ähm, kurz besprochen haben wir sie schon. Also, wir haben natürlich eine kurze Rück-  
836 meldung gegeben, wie wir das so fanden. Aber sonst eigentlich nicht.  
837
- 838 **Int.:** Hast du denn irgendwas im *teutolab* jetzt gelernt, oder besser verstanden, was du vorher noch  
839 nicht so kanntest? Und was dir irgendwie im Chemieunterricht noch mal geholfen hat?  
840
- 841 **Joana:** Also ähm, ich habe z. B. verstehen gelernt, dass man, also z. B. mit Hefe und so was, und das  
842 hab ich mir dann – Also ich saß früher immer so vor einem Backofen und „Hä, warum geht denn das  
843 Brot jetzt auf, und warum geht es nicht auf, wenn da jetzt bestimmte Zutaten nicht drin sind?“ (*hm*)  
844 Und, ähm, vorher wusste ich auch nicht, das Stärke aus Kartoffeln kommt. Aber das jetzt eigentlich  
845 schon, habe ich jetzt besser verstanden. (*hm*)  
846
- 847 **Int.:** Sonst noch irgendwas, was dir vielleicht auch noch mal im Chemieunterricht noch mal geholfen  
848 hat? Also irgend eine Sache, die du da im *teutolab* kennen gelernt hast, die dir dann im Chemieunter-  
849 richt zu Hilfe kam?  
850
- 851 **Joana:** Also, dies Destillations-, also diese Maschine da. Die haben wir dann kurz vorher und kurz  
852 nachher noch mal im Chemieunterricht gehabt, und vorher wusste ich irgendwie gar nicht, wie die  
853 funktioniert. Aber das habe ich jetzt einigermaßen gelernt. Also ich könnte das aus dem Stehgreif  
854 nicht mehr so ganz genau erklären, aber wenn man sich das noch mal so kurz anguckt, dann versteht  
855 man es auch wieder.  
856
- 857 **Int.:** Hm, klar. Und wenn du dir noch mal so die Erklärungen von Olaf ins Gedächtnis rufst, und die  
858 Anleitungen. Hat dir das irgendwie geholfen bestimmte... Oder glaubst du, dass dir das geholfen hat,  
859 bestimmte Sachen besser zu verstehen? Also, du sagtest ja eben schon die Bilder sind ganz hilfreich.  
860
- 861 **Joana:** Also, ich finde, die Sachen haben gut aufeinander aufgebaut und dass das nicht irgendwie so  
862 ist, dass er Sachen irgendwie dreimal oder viermal wiederholt hat, die sowieso schon auf dem Zettel  
863 standen. Sondern uns halt noch zusätzliche Informationen gegeben hat. Und nicht alles so, dass wir  
864 uns das noch zweimal und dreimal anhören mussten. Man hat da eigentlich ganz gerne zugehört.  
865 (*zustimmend: hm*)  
866
- 867 **Int.:** Gut, das waren jetzt hauptsächlich Fragen zu den Versuchen und zu Olaf und den Anleitungen.  
868 Und jetzt kommen noch so ein paar allgemeine Fragen, und dann sind wir auch gleich schon fast  
869 durch.  
870 Wie lange hattest du bis jetzt Chemie so an der Schule schon?  
871
- 872 **Joana:** Also, wir hatten, ähm, nur in der Siebten Chemie. Und sonst vorher eigentlich nicht, weil  
873 (*also ein Jahr praktisch*) Ja!  
874
- 875 **Int.:** Dann habt ihr jetzt Physik.  
876
- 877 **Joana:** Ja, wir hatten in der Fünften. Nee, in der Sechsten hatten wir Physik. Dann Chemie und jetzt  
878 wieder Physik. Das wechselt sich immer irgendwie so ab. (*zustimmend: hm*)  
879
- 880 **Int.:** Ich will jetzt gar keine Note wissen, oder so. Aber wie bist du so in Chemie zurecht gekommen?  
881
- 882 **Joana:** Also, in Chemie an und für sich bin ich ganz gut zurecht gekommen. Weil, es macht eigent-  
883 lich, mir persönlich macht es Spaß. Es ist zwar manchmal ein bisschen anstrengend ein paar Werte zu  
884 notieren und zu lernen (*zustimmend: hm*) und sich bestimmte Namen zu merken oder die Reaktionen  
885 von Flüssigkeiten aufeinander. Aber sonst macht es eigentlich Spaß (*zustimmend: hm*)  
886

- 887 **Int.:** Gibt es denn auch irgendwas, wo du jetzt Schwierigkeiten hast. Also jetzt im Chemieunterricht,  
888 was du jetzt gar nicht so verstehst?  
889
- 890 **Joana:** Also, einmal haben wir im Moment kein Chemie, aber sonst, ja, ich habe manchmal so ein  
891 bisschen Probleme, mir zu merken, ähm, warum bestimmte Stoffe so aufeinander reagieren. Und na  
892 ja, das muss man dann einfach lernen (*zustimmend: hm*).  
893
- 894 **Int.:** Und kannst du dir das denn - hast du Schwierigkeiten, dir das vorzustellen, also wie das so im  
895 Kleinen abläuft? Oder kannst du dir das ganz gut vorstellen?  
896
- 897 **Joana:** Ja, also das Problem dabei ist, glaube ich, dass ich, ähm, über bestimmte Sachen mehr nach-  
898 denke und über bestimmte Sachen irgendwie gar nicht. Und dann habe ich manchmal auch Probleme,  
899 mir so im Unterricht vorzustellen, weil das manchmal doch ziemlich komisch klingt (*zustimmend:*  
900 *hm*).
- 901 Also, es ist dann halt so eine Art Schock, also nicht wirklich (*beide lachen*). Aber (...) man versteht es  
902 nicht so auf Anhieb, weil es halt auch nicht unbedingt so was Alltägliches ist, wo man so im Alltag so  
903 konfrontiert wird, oder so drüber nachdenkt (*zustimmend: hm*).  
904
- 905 **Int.:** Und die Sprache, die im Chemieunterricht benutzt wird, also die Begriffe?  
906
- 907 **Joana:** Also, ich finde, das ist ähnlich wie in Mathe. Insgesamt nicht besonders verständlich. Aber  
908 wenn man sich da so reingefunden hat, dann geht es eigentlich. Und wenn man nicht nur in Fachaus-  
909 drücken redet, dann ist das auch eigentlich ganz in Ordnung.  
910
- 911 **Int.:** Aber im Großen und Ganzen findest du Chemie ganz interessant (*ja, eigentlich schon*). Also,  
912 das ist jetzt nicht irgendwie so ein Fach, wo du sagst, „Auf keinen Fall, da will ich nichts mit zu tun  
913 haben“?  
914
- 915 **Joana:** Nee, da ist Mathe schon schlimmer. Außerdem bin ich froh, dass ich jetzt nicht Mathe ma-  
916 chen muss. (*lachen*)  
917
- 918 **Int.:** Ihr habt ja auch Deutsch hier an der Schule (*ja*). Wie machst du - wie findest du das so?  
919
- 920 **Joana:** Das finde ich super (*also machst du auch gerne*). Deutsch ist eines meiner Lieblingsfächer.  
921
- 922 **Int.:** Und machst du auch lieber als Chemie vermutlich.  
923
- 924 **Joana:** Ja also, eigentlich schon. Aber es kommt halt immer auch drauf an, was man in den jeweili-  
925 gen Fächern macht. Z. B. Grammatik hasse ich. (*zustimmend: hm*)  
926
- 927 **Int.:** Also, ihr macht jetzt Grammatik?  
928
- 929 **Joana:** Nein, wir machen nicht Grammatik. Wir machen Schiller. (*ach so*) Das finde ich toll.  
930
- 931 **Int.:** Ihr lest dann auch ziemlich viel, wahrscheinlich.  
932
- 933 **Joana:** Ja, wir haben jetzt „Die Räuber“ gelesen. Das gefällt mir.  
934
- 935 **Int.:** Und da kommst du auch ganz gut zurecht in Deutsch (*zustimmend: hm*)  
936 Gut, jetzt noch ein paar Fragen so zu - ja noch so ein paar allgemeine Fragen. Und dann sind wir auch  
937 durch.  
938 Ähm, was machst du so in deiner Freizeit?  
939
- 940 **Joana:** Mangas zeichnen. Harry Potter lesen. Ab und zu mal Fernsehgucken oder, ja, also ich hab  
941 auch so ein Tierlexikon. Und da hab ich mich besonders mit Schlangen in letzter Zeit so beschäftigt,  
942 weil ich die ganz interessant finde.  
943
- 944 **Int.:** Also, du liest auch dann schon mal öfter (*ja*). Hm  
945 Und Naturwissenschaften? Du sagtest gerade, das Tierlexikon. Beschäftigst du dich auch schon mal  
946 damit, dass du dir irgendwelche Bücher oder Zeitschriften mal ausleihst?

- 947  
948 **Joana:** Ja also, ich hab schon so ein, ähm, ja mehr oder weniger so ein Lexikon, wo so bestimmte  
949 Versuche oder so was drin stehen. So Physik und Chemie oder irgend so was. Und halt auch so ein  
950 Tierlexikon. Und ab und zu, da überlege ich, dann sitze ich da schon so in der Wohnung und ja, „Wa-  
951 rum passiert das oder wieso ist dies?“ Und für Tiere interessiere ich mich halt auch ganz gerne (*hm*).  
952 Und manchmal guck ich mir halt auch nachmittags so Wissenschaftssendungen an.  
953  
954 **Int.:** Ach so, die guckst du auch schon mal. (*ja*)  
955 Du sagtest gerade, du hättest da auch so ein Buch, wo auch Physik- und Chemieversuche drin stehen.  
956  
957 **Joana:** Ja, aber meine Mutter hat mir verboten, dass ich das in der Küche ausprobiere.  
958  
959 **Int.:** (*lachend*) Ach so. Aber würdest du ganz gerne machen?  
960  
961 **Joana:** Ja also, es macht eigentlich ganz, ja Spaß so herum zu experimentieren. Nur man findet halt  
962 auch nicht immer die passenden Chemikalien, die man dafür braucht. Aber es sind eigentlich unge-  
963 fährliche Versuche, die da drin stehen.  
964  
965 **Int.:** Was z. B.? Kannst du mal so ein, zwei nennen.  
966  
967 **Joana:** Ja, z. B. ist da so ein Versuch drin, wie man, ähm, ja so einen Luftballon mit so einem, ja mit  
968 so einem kleinen Röhrchen und da muss man da so bestimmte Chemikalien rein tun, damit der mehr  
969 oder weniger hochfliegt. Und dann noch so ein Experiment mit Knallgas und (*hm*) na ja, als ich das  
970 das letzte mal gemacht habe, da habe ich eine Tasse in die Luft gesprengt (*beide lachen*).  
971 Ja, nur weil mir was durch die Gegend geflogen ist.  
972  
973 **Int.:** Das ist halt auch Chemie. Das kann passieren.  
974  
975 **Joana:** Ja, und seitdem hat meine Mutter gesagt, ich soll das nicht mehr in der Wohnung machen.  
976  
977 **Int.:** Hm, verständlich. O. K., ähm, ja im Großen und Ganzen war es das. Gibt es noch irgendwas,  
978 was du zum *teutolab* loswerden möchtest? Etwas, was dir besonders gut gefallen hat oder gar nicht?  
979  
980 **Joana:** Ja, also mir hat es eigentlich gut gefallen, dass man viel, also viel gelernt hat in dem Sinne,  
981 dass man halt auch Sachen selbst machen konnte (*zustimmend: hm*). Und nicht so Lösungen schon so  
982 vorgesetzt gekriegt hat. Sondern halt auch ziemlich eigenständig da lernen konnte. (*hm*) Ähm, ja, wie  
983 gesagt, das mit den Fragebögen ein bisschen reduzieren  
984  
985 **Int.:** Die Untersuchung wird jetzt auch abgeschlossen.  
986  
987 **Joana:** Weil, sonst, irgendwann so nach ein zwei Seiten hat man auch keine Lust mehr. Und, viel-  
988 leicht nicht fragen irgendwie - Was uns aufgefallen ist, dass bestimmte Fragen z. B fünf mal nur in  
989 verschiedenen, halt verschieden formuliert vorgekommen sind. Und da fühlt man sich dann doch  
990 manchmal ein bisschen verarscht. (*ja, das..*) So nach dem Motto „Was soll das, die Frage hatten wir  
991 schon vor drei Seiten oder so!“  
992  
993 **Int.:** Hm, ja das hat aber alles seinen Sinn (*ja*), Also...  
994  
995 **Joana:** ...Ja, daran zweifle ich auch nicht. Aber es nervt halt.  
996  
997 **Int.:** Sonst irgendwas, was wir dann noch irgendwie, oder was wir verbessern könnten?  
998  
999 **Joana:** Ja also, ähm, verbessern vielleicht nur, dass man so innerhalb der Gruppen ab und zu mal so,  
1000 jetzt nicht nur ganz am Ende, sondern halt auch so in der Mitte vielleicht mal Rücksprache hält oder  
1001 so. (*zustimmend: hm*) Und hinterher, was da so für Probleme aufgetaucht sind, und woran das liegen  
1002 könnte. (*zustimmend: hm*)  
1003  
1004 **Int.:** Aber sonst eigentlich ganz ok? (*ja!*) Also du würdest, wenn sich die Gelegenheit noch mal bie-  
1005 ten würde, wiederkommen? (*Ja!*)



