

**Kognitive Zustandsanalysen von Kindern nach chemischen
Verstehensprozessen in außerschulischen Handlungssituationen**

In der Fakultät für Naturwissenschaften
der Universität Paderborn vorgelegte

Dissertation

Zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Naturwissenschaften

- Dr. rer. nat. -

von

Andreas Müller

Paderborn, August 2005

Gutachter der Dissertation:

Prof. Dr. Hans-Jürgen Becker, Universität Paderborn

Prof. Dr. Volker Woest, Universität Jena

1. EINFÜHRUNG.....	4
2. NATURWISSENSCHAFTLICHE SACHBEGEGNUNG IM (FRÜHEN) KINDESALTER	7
2.1 Intentionen – kognitive und emotionale Perspektiven	7
2.2 Zur Interessenlage von Kindern im Grundschulalter – handlungsorientiert und universell ...	10
2.3 Lernforschung im Bereich des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts – chemiedidaktische Defizite	14
3. FRAGESTELLUNG DER ARBEIT.....	20
4. ZUM BEGRIFF DES VERSTEHENS.....	22
4.1 Der Verstehensbegriff – allgemeine Strukturmerkmale.....	22
4.2 Verstehen als begriffsbildender Prozess – dispositionelle Perspektive	27
5. FREIZEITORIENTIERTER HANDLUNGSANSATZ – KONZEPTIONELLE LEITLINIEN	32
6. DAS SÄURE-LAUGE-BEGRIFFSPAAR	37
6.1 Fachdidaktische Begriffsanalyse – unterrichtliche Lernschwierigkeiten.....	37
6.2 Konzeptionelle Umsetzung - Konsequenzen	41
6.3 Das Programm – Ablauf.....	44
7. EMPIRISCHER TEIL.....	46
7.1 Einzelfalluntersuchungen von Kindern – forschungsmethodische Besonderheiten	46
7.2 Verstehensorientierte Untersuchungsmethoden	47
7.2.1 Zum Untersuchungsinstrument ‚Zeichnung‘	48
7.2.2 Zum Untersuchungsinstrument ‚Concept Mapping‘	49
7.2.3 Zum Untersuchungsinstrument ‚Interview‘	51
7.2.4 Zum Untersuchungsinstrument ‚Problemlösen‘	52
8. EINZELPORTRÄTS – INTERPRETATION UND ERGEBNISSE.....	55
8.1 Charlott	55
8.1.1 Strukturbildanalyse.....	56
8.1.2 Zeichnungsinterpretation.....	57
8.1.3 Interviewanalyse.....	61
8.1.4 Problemlösendes Verhalten.....	63
8.1.5 Zusammenfassung Charlott	67
8.2 Christopher	68
8.2.1 Strukturbildanalyse.....	68
8.2.2 Zeichnungsinterpretation.....	71
8.2.3 Interviewanalyse.....	75
8.2.4 Problemlösendes Verhalten.....	77
8.2.5 Zusammenfassung Christopher	78
8.3 Erik	80
8.3.1 Strukturbildanalyse.....	80
8.3.2 Zeichnungsinterpretation.....	82
8.3.3 Interviewanalyse.....	84
8.3.4 Problemlösendes Verhalten.....	86
8.3.5 Zusammenfassung Erik	88
8.4 Jan	90
8.4.1 Strukturbildanalyse.....	90
8.4.2 Zeichnungsinterpretation.....	92

8.4.3 Interviewanalyse.....	94
8.4.4 Problemlösendes Verhalten.....	97
8.4.5 Zusammenfassung Jan.....	99
8.5 Lars.....	101
8.5.1 Strukturbildanalyse.....	101
8.5.2 Zeichnungsinterpretation.....	103
8.5.3 Interviewanalyse.....	105
8.5.4 Zusammenfassung Lars.....	107
8.6 Marc	109
8.6.1 Strukturbildanalyse.....	109
8.6.2 Zeichnungsinterpretation.....	110
8.6.3 Interviewanalyse.....	113
8.6.4 Problemlösendes Verhalten.....	116
8.6.5 Zusammenfassung Marc	117
8.7 Nadja	119
8.7.1 Strukturbildanalyse.....	119
8.7.2 Zeichnungsinterpretation.....	121
8.7.3 Interviewanalyse.....	123
8.7.4 Zusammenfassung Nadja	124
8.8 Sebastian.....	126
8.8.1 Strukturbildanalyse.....	126
8.8.2 Zeichnungsinterpretation.....	128
8.8.3 Interviewanalyse.....	131
8.8.4 Problemlösendes Verhalten.....	133
8.8.5 Zusammenfassung Sebastian.....	136
8.9 Yannick	137
8.9.1 Strukturbildanalyse.....	137
8.9.2 Zeichnungsinterpretation.....	139
8.9.3 Interviewanalyse.....	142
8.9.4 Problemlösendes Verhalten.....	145
8.9.5 Zusammenfassung Yannick	148
9. ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION	149
9.1 Zusammenfassung - Verstehen des Säure-Lauge-Konzepts	149
9.2 Das Säure-Lauge Konzept - interindividuelle Verstehenskonstrukte	151
9.3 Diskussion der Ergebnisse – entwicklungspsychologische Fokussierung	154
9.4 Diskussion der Ergebnisse – kognitionspsychologische Fokussierung	156
9.5 Forschungsmethodische Reflexionen – Retrospektive und Perspektive.....	160
10. RESÜMEE DER UNTERSUCHUNG	164
10.1 Bewertung auf dem Hintergrund chemiedidaktischer Erkenntnisleistungen – fachdidaktische Konsequenzen	164
10.2 Gestaltung außerschulischer Bildungsangebote – hochschuldidaktische Perspektive.....	167
11. LITERATURVERZEICHNIS	170
ANHANG A – ZEICHNUNGSTRANSKRIPTE	188
ANHANG B – INTERVIEWTRANSKRIPTE	214
ANHANG C – PROBLEMSTELLUNGSTRANSKRIPTE	245

1. Einführung

,Forschen in der Experimentierwerkstatt' – so lautete der Titel eines Ferienfreizeitprojekts, das vom chemiedidaktischen Arbeitsbereich der Universität Paderborn vom 13.10. - 15.10. 1999 durchgeführt wurde. In Zusammenarbeit mit der Gleichstellungsbeauftragten des Senats der Universität Paderborn (vgl. 2000) wurde für Kinder von Angestellten der Universität Paderborn in den Schulherbstferien ein außerschulisches Serviceangebot organisiert. Auf diese Weise wurden zum einen die berufstätigen Eltern von der Betreuung ihrer Kinder entlastet. Zum anderen hatten Kinder die Möglichkeit, Einblicke in das Arbeitsumfeld ihrer Eltern zu gewinnen. Unterschiedliche Projektangebote wurden von diversen Fachbereichen organisiert und öffentlich ausgeschrieben. Die Kinder konnten sich für eines der Projekte entscheiden, so dass die Teilnahme weitestgehend von Freiwilligkeit und (Eigen-)Interesse bestimmt wurde. Das vom chemiedidaktischen Arbeitsbereich organisierte Lernangebot bot Kindern im Alter zwischen sechs und elf Jahren die Möglichkeit, chemische Sachverhalte durch ein handlungsintensives Vorgehen kennen zulernen. Die aus den Projektarbeiten gewonnen Erkenntnisse deuteten an, dass Grundschulkinder naturwissenschaftliche Begriffe – entfaltet am Thema ‚Wasserkreislauf‘ – nur bedingt verstehen.

Dieser Rück-Blick soll Entstehungsprozess und Ausgangspunkt der vorliegenden Arbeit andeuten und auf übergeordnete Sinnzusammenhänge aufmerksam machen.

Bildungspolitische Nach-PISA-Diskussionen zielen darauf ab, die Ausbildung an allgemeinbildenden Schulen in Deutschland grundlegend und in vielen Inhaltenbereichen zu reformieren. Auch die Grundschule wird von dieser Reformdebatte berührt. Im Hinblick auf Forderungen nach besserem Unterricht wird etwa für den Sachunterricht an Grundschulen eine veränderte Lernprozessgestaltung in Richtung einer handelnden, eigenständigen und forschend-entdeckenden Charakteristik eingefordert (vgl. Maras 2001, S. 41ff.). Eine in diesem Sinne konstruktivistische Ausrichtung von Lernprozessen darf allerdings nicht unabhängig von Inhaltsfragen diskutiert werden (vgl. Kohler 2000, S. 123).

Die Diskussion um inhaltliche Gestaltung und Leitlinien des Sachunterrichts hat lange Tradition. Eine konsensfähige Theorie des Sachunterrichts scheint nicht zu existieren. So stellt bereits Bäuml-Roßnagl fest, dass „die Frage, nach welchen Prinzipien überhaupt

Sachunterricht gestaltet werden soll, immer wieder neu gestellt werden [muss]“ (1979, S. 11). Soll (speziell) naturwissenschaftlicher Sachunterricht in der Grundschule vorgezogener oder vorbereitender Fachunterricht sein oder durch Fächerübergreifung bzw. Fächerintegration ein didaktisches Profil gewinnen? Auch zwanzig Jahre später wird in der Diskussion um Inhalte des Sachunterrichts zwischen separierten Fachbezügen und Fächerintegration gerungen. Löffler et al. konstatieren, dass „die gegenwärtige – zumindest konzeptionelle – Situation des Sachunterrichts in Bezug auf die Frage nach Fachbezug und Integration [...] eher als offen zu kennzeichnen [ist]“ (2000, S. 9).

Eindeutig hingegen sind quantitätsbezogene Aussagen zu Themen und Inhalten des Sachunterrichts. Strunk/Lück/Demuth haben in diesem Zusammenhang qualitative Veränderungen des Sachunterrichts quantitativ beschrieben. Durch Analyse von Lehrplänen, Schulbüchern, Fachpublikationen und Klassenbüchern konnte festgestellt werden, „dass die naturwissenschaftlichen Anteile [am Sachunterricht] besonders im Bereich ‚Phänomene der unbelebten Natur‘ in den letzten 25 Jahren in bemerkenswerten Ausmaß zurückgegangen sind“ (1998, S. 69). Analysen dieser Art werden dahingehend interpretiert, im Rahmen des Sachunterrichts naturwissenschaftliche Inhalte verstärkt zu thematisieren, mithin inhaltliche Gestaltungsmomente durch Fachbezüge zu bestimmen.

Während eine intensivere Naturwissenschaftsvermittlung im Kindesalter im Rahmen schulisch institutionalisierten Lernens bislang noch diskutiert und – etwa im Hinblick auf Förderung kognitiver Fähigkeiten – konzeptuell begründet wird (vgl. Strunck 1998), sind in jüngster Zeit bereits außerschulische Förderinitiativen und Projekte initiiert worden (vgl. Jenett/Kohse-Höinghaus 2003). Universitäten und industrielle Träger haben – mit z. T. erheblichem, finanziellen Aufwand – sog. Schülerlabore und Mitmachinitiativen ins Leben gerufen, um Kinder und Jugendliche an naturwissenschaftliche Sachverhalte heranzuführen. Derartige Bemühungen sind v.a. dadurch motiviert, den lange Zeit sinkenden Nachwuchszahlen in den naturwissenschaftlichen Studienfächern frühzeitig zu begegnen (vgl. Burtscheidt 2001) und naturwissenschaftliches Interesse bei Kindern und Jugendlichen zu wecken (vgl. Hans 2005).

Durch eigenes, betreutes Experimentieren sollen Kinder und Jugendliche außerhalb schulunterrichtlicher Zusammenhänge für den wissenschaftlichen Bedeutungsgehalt alltagsbezogener Sachverhalte sensibilisiert werden. Einige Initiativen als Beitrag eines

außerschulischen Entwicklungsprogramms wenden sich dabei speziell an Grundschulkinder, um frühzeitig auf chemische Phänomene aufmerksam zu machen und Deutungsprozesse einzuleiten.

Bislang liegen jedoch keine Dokumentationen und Erkenntnisse darüber vor, inwieweit sich Kinder im Grundschulalter in außerschulischen Handlungssituationen mit chemischen Sachverhalten kognitiv auseinander setzen (können). In dieser Hinsicht stellt die vorliegende Arbeit einen ersten Schritt zur Überwindung eines chemiedidaktischen Forschungsdesiderats dar (vgl. Kap. 3). Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung¹ werden fachbegriffliche Verstehensanalysen von neun Kindern im Grundschulalter dargestellt, die auf der Grundlage eines freizeitgebundenen, unterrichtsähnlichen Angebots zum Lernen von Chemie gewonnen worden sind.

¹ Die Arbeit wurde finanziell vom Verband der chemischen Industrie (VCI) gefördert, dem mein besonderer Dank gilt.

2. Naturwissenschaftliche Sachbegegnung im (frühen) Kindesalter

2.1 Intentionen – kognitive und emotionale Perspektiven²

Der Chemieunterricht gehört – national wie international – zu den am wenigsten beliebten Schulfächern an allgemeinbildenden Schulen (vgl. Becker 1983). Daran hat sich auch nach jüngeren Untersuchungsergebnissen wenig geändert (vgl. Woest 1997; Höner/Greiwe 2000). Selbst elitäre Schülerpopulationen wie die Teilnehmer von Chemieolympiaden gewinnen nach den Untersuchungsergebnissen von Labahn ihr fachliches Interesse nicht durch den Chemieunterricht (vgl. 2000, S. 70), sondern aus der Chemie als Wissenschaft.

Neben diesen emotionalen (Aus-)Wirkungen von Chemieunterricht geben die im kognitiven Bereich erbrachten Leistungen nach den Ergebnissen internationaler Leistungsvergleichsstudien wie TIMSS (vgl. Baumert et al. 1997) und PISA (vgl. MPIB 2002) ebenfalls Anlass zur Beunruhigung. In diesem Zusammenhang wird zudem auf die einseitige didaktisch-methodische Gestaltung des Unterrichts hingewiesen, denn die „erheblichen Schwierigkeiten, die Schülerinnen und Schüler im Bereich des naturwissenschaftlichen Verständnisses und bei der Anwendung ihres Wissens haben, weisen darauf hin, dass der naturwissenschaftliche Unterricht in Deutschland noch zu wenig problem- und anwendungsorientiert ist“ (ebd., S. 12).

Die geringe Problem- und Anwendungsorientierung werden auch von ‚externen Beobachtern‘ registriert (vgl. Wolf 2001) – sind aber längst nicht neu (vgl. Becker 2001). Eine Verwissenschaftlichung des Chemieunterrichts, die sich nicht mit den Interessenlagen der Schüler³ deckt, übertriebene Stofffülle, kognitive Überforderung, unangemessenes Lehrerverhalten, methodische Monokultur etc. sind als Ursachen für die Krise des Chemieunterrichts identifiziert und repräsentieren (seit langem) chemiedidaktische Erkenntnisleistungen.

² Insbesondere die sachanalytische Fundierung der vorliegenden Arbeit wurde durch die Datenbank FADOK (fachdidaktische Dokumentation) erleichtert und unterstützt.

³ Aus Gründen der Lesbarkeit wird auf Verwendung der weiblichen und männlichen Form verzichtet.

Dennoch hat sich die fachdidaktische Bezugsdisziplin dem krisenhaften Zustand nur z.T. und unmittelbar zugewandt. Zwar hat sich die Chemiedidaktik seit Beginn der 80-er Jahre um unterrichtspraktische Lösungen – etwa durch Entwicklung fachdidaktischer Konzeptionen (vgl. Becker 1994, S. 159ff.) – bemüht. Eine tiefgreifende Verbesserung der Situation indes konnte nicht erreicht werden. Daher ist zu bezweifeln, ob kognitive Zugänge zu abstrakten fachchemischen Inhalten vor allem Schülern der Sekundarstufe I durch konzeptionelle Entwicklungen erleichtert werden (vgl. Becker 2002).

Vor dem Hintergrund unbefriedigender Wirkungen des Chemieunterrichts in kognitiver und emotionaler Hinsicht sind – quasi unter Ausblendung unterrichtlicher Problemlagen – in jüngster Vergangenheit verstärkt außerschulische Lern- und Fördermaßnahmen initiiert worden. Speziell Kinder im Grundschulalter werden in sog. Schüler- und Mitmachlaboren gezielt angesprochen, denn „früher Beginn und Kontinuität der naturwissenschaftlichen Bildung [...] schaffen die Voraussetzung für nachhaltiges Interesse der Schüler an der Chemie“ (Redaktion 2002, S. 395) – und damit (angeblich) auch für langfristig verbesserte kognitive Leistungen im späteren Fachunterricht. Auch Erfahrungen mit zeitlich begrenzten Chemie-Projekten an Grundschulen scheinen dafür zu sprechen, mit Kindern möglichst häufig, während des regulären Unterrichts, auf einfacher, phänomenologischer Ebene naturwissenschaftliche Sachzusammenhänge zu thematisieren (vgl. Flint/Bader 1997, S. 1136).

Die Vorbereitung späteren Fachunterrichts und Interessenveranlagung im Sachunterricht scheitern in praxi häufig daran, dass Primarstufenlehrerinnen und –lehrer selbst ein eher geringes Interesse an chemisch-physikalischen Inhalten haben (vgl. Drechsler/Gerlach/Bader 1999). Daher wird in Form außerschulischer Projekte versucht, spätere Interessensdispositionen und Lernmotivationen von Kindern positiv zu beeinflussen.⁴ Träger und Initiatoren vielfältiger chemischer Fördermaßnahmen sind sowohl Industrieunternehmen und Verbände als auch chemiedidaktische Arbeitsbereiche an deutschen Hochschulen (vgl. zur Übersicht IFOK 2001). Die Intentionen und Ziele der Maßnahmen zur Förderung des naturwissenschaftlichen Nachwuchses beschreibt Ley damit, „dass die Entscheidung für eine bestimmte Berufs- oder Studienrichtung bereits in einem frühen Lebensalter vorbereitet oder

⁴ Die Inanspruchnahme außerschulischer Handlungsfelder, um Kindern ‚schulische‘ Inhalte zu vermitteln, betrifft nicht nur den chemischen Gegenstandsbereich. Es lassen sich generelle Tendenzen ausmachen, Schule zu entscholarisieren. Im Gegenzug finden sich im Freizeitverhalten von Grundschulkindern mehr und mehr Inhalte und Praktiken, die traditionell dem Aufgabenumfeld der Schule vorbehalten waren (vgl. Fölling-Albers 2000).

beeinflusst wird, zum anderen aber auch die Erfahrung, dass gerade in frühen Entwicklungsstufen ein gleichsam natürliches Interesse an naturwissenschaftlichen und technischen Fragestellungen angetroffen werden kann (2001, S. 48).

Originale Formulierungen ausgewählter Projektinitiativen dokumentieren in dieser Hinsicht kognitive und emotionale Zielintentionen. So wird das Projektziel des Teutolab der Universität Bielefeld – das erste Experimentier- und Mitmachlabor in Deutschland – darin angegeben, „Kinder und Jugendliche für chemische Fragestellungen zu begeistern [und] Schulen bei der Ausbildung zu unterstützen“ (IFOK 2001, S. 19). Die frühzeitige Vermittlung richtiger, d.h. wissenschaftsorientierter Deutungsmuster von eigenexperimentell erfahrbar gemachten Phänomenen soll in Ergänzung zur schulischen Ausbildung den Aufbau eines fundierten Weltverständnis fördern und damit Vorteile für den späteren Fachunterricht bringen (vgl. Lück/Demuth 1998). Theoretisch unterstützt wird dieser Ansatz durch lernpsychologische Erkenntnisse, wonach der Wechsel und die Akzeptanz fachlich-wissenschaftlicher Konzepte umso schwieriger fällt, je stärker sich deutungsmächtige kognitive Alternativstrukturen bei Kindern und Jugendlichen manifestiert haben (vgl. z.B. Duit 1996, S. 146ff.).

(Noch) Deutlicher wird die epistemische Ausrichtung außerschulischer Projektangebote, wenn thematische Angebote konkret in den Blick genommen werden. In einer attraktiven (Lern-)Umgebung soll der ‚Forschernachwuchs‘ im Mitmachlabor H₂O und Co. der BASF unter fachkundiger Anleitung den ‚Rätseln des Alltags‘ auf den Grund gehen: ‚Warum saugt eine Windel Flüssigkeit auf?‘ oder ‚Wie funktioniert Geheimtinte?‘ (Maier 2002, S. 15). Im Science Forum der Universität Siegen, das Angebote für Schüler bis zur gymnasialen Oberstufe bereit hält, können Grundschüler ‚chemische Phänomene als lebensnah und interessant erfahren. Die thematische Auswahl der Versuche ist entsprechend ausgerichtet, z.B. ‚Was passiert mit einer Kerze, wenn sie brennt?‘ oder ‚Wie funktioniert Backpulver?‘‘ (Gröger et al. 2002, S. 23). Im Kern geht es darum, Kinder - in einem oftmals einmaligen, zeitlich eng gefassten Besuchsrhythmus von mehreren Stunden - kognitiv anzusprechen, in dem (Alltags-)Phänomene chemisch ausgedeutet, kausale Zusammenhänge erarbeitet und diese im Gedächtnis der Teilnehmer verankert werden sollen.

Durch kognitive Anforderungssituationen soll zudem eine langfristige Begeisterung für wissenschaftliche Sachverhalte und Fragestellungen bei Grundschulkindern geschaffen

werden, um letztlich (auch) deren späteren Studienentscheidungen zu beeinflussen (vgl. Schwedt 2002). Häufig ist in diesem Zusammenhang von ‚Interessenveranlagung für Aspekte der unbelebten Natur‘ die Rede (vgl. Lück 2002). Die Ausbildung dauerhafter Interessensbezüge gelingt nach Vorstellung der Initiatoren in einer Art reiz-reaktiven Verknüpfung: indem Kinder durch selbstständig durchgeführte Experimente ins Staunen versetzt, also empathisch angesprochen werden, werden Interessen gleichsam disponiert. Die auffallende Erinnerungsfähigkeit an wahrnehmungsintensive Experimente und auch das positive Erleben der Kinder während selbstständiger Versuchsdurchführungen sind Indikatoren für keimende Interessendispositionen (vgl. Herbers et al. 2002).

Wird das Interessenkonstrukt jedoch pädagogisch-psychologisch ausgeleuchtet (vgl. Kap. 2.2), so muss mit Blick auf die Zielperspektiven chemischer (Früh-)Förderprogramme die Angemessenheit seiner Verwendung in Frage gestellt werden.

2.2 Zur Interessenlage von Kindern im Grundschulalter – handlungsorientiert und universell

In einem dem Alltagsverständnis angelehnten Zugriff lässt sich Interesse als persönliche Vorliebe eine Menschen beschreiben, sich mit einem bestimmten Gegenstand, einer Tätigkeit oder Handlung intensiver, also über längere Zeit zu beschäftigen. Das Konzept des Interesses steht in enger Verbindung zum Konzept der (intrinsischen) Lernmotivation (vgl. Krapp 1998a). Von zentraler Bedeutung sind also Strukturen und Prozesse, die das Zustandekommen und die Effekte intentionaler, kognitiver Lern- und Verstehenshandlungen erklären.

Um Unterschiede in der Lernmotivation erklären zu können, die sich in Vorlieben und Abneigungen gegenüber bestimmten Inhalten manifestieren, wird in praxisnahen Zusammenhängen häufig mit dem Vorhandensein oder Fehlen von Interesse argumentiert. Das Interessenkonzept wird als eine spezifische Theorie der Lernmotivation angesehen, die die exponierte Beziehung eines Individuums zu konkreten Sachverhalten oder (abstrakten) Erfahrungs- und Wissensbereichen (Lerngegenständen) beschreibt (vgl. Krapp 1993). Interesse eröffnet auf diese Weise eine didaktische Perspektive im Sinne gegenstandsbezogener Lernmotivation.

Die pädagogische Interessenkonzeption (vgl. Schiefele 1986; Prenzel/Krapp/Schiefele 1986) definiert Interesse als herausgehobene Person-Gegenstands-Relation. Der Gegenstand kann durch ein konkretes Objekt, einen Wissensbereich oder bestimmte Tätigkeitsklassen gegeben sein. Im Hinblick auf die Person-Gegenstands-Relation werden zwei Aspekte voneinander unterschieden (vgl. Krapp 1992): das sog. situationale oder situationsspezifische Interesse, das primär durch Anregungsbedingungen der Lernumgebung bestimmt wird. Das individuelle oder dispositionale Interesse hingegen bringt eine von äußeren Faktoren unabhängige, anhaltende Bereitschaft der Person zum Ausdruck, sich mit dem Gegenstand auseinanderzusetzen. Nach Modellentwürfen zur Interessengenese stehen situationale Interessen häufig am Anfang einer längerfristigen Entwicklung, die in individuellen Interessendispositionen einmünden können. Wesentliche Faktor für diesen Übergang ist das subjektive Erleben einer sinnhaften Auseinandersetzung mit dem Interessengegenstand (vgl. Krapp 1998b).

Der interessenthematische Person-Gegenstands-Bezug wird durch kognitive, emotionale und wertbezogene Merkmale näher bestimmt:

- Interesse grenzt sich von Haltungen oder Einstellungen dadurch ab, dass die Person sich nicht passiv, sondern handelnd mit dem Interessengegenstand auseinandersetzt. Die jeweilige Tätigkeit charakterisiert wiederum das jeweilige Interesse.
- Im Zuge der aktiven Auseinandersetzung mit dem Interessensobjekt erwirbt die Person Erfahrung, Wissen und Kompetenzen. Handeln aus Interesse führt also zu einer Ergänzung, Differenzierung und Umstrukturierung von Wissen der Person über den Gegenstandsbereich.
- Handeln aus Interesse wird – umgangssprachlich – von angenehmen Gefühlen wie Freude oder Spaß begleitet. „In fachwissenschaftlicher Terminologie treten (mittelhohe) Spannungs- oder Erregungszustände auf, die von der Person als angenehm erlebt werden, auch der Eindruck von Zeitverlust oder von einem Aufgehen in der Tätigkeit [entstehen]“ (Prenzel/Lankes 1989, S. 68).
- Die Auseinandersetzung mit dem Interessengegenstand wird von der handelnden Person für sich genommen als wertvoll eingeschätzt und daher absichtsvoll

durchgeführt. In Anlehnung an die Selbstbestimmungstheorie von Deci/Ryan (vgl. 1993) wird ein enger positiver Zusammenhang zwischen dem Erleben subjektiver Bedeutsamkeit und dem Ausmaß an Identifikation mit dem Interessengegenstand angenommen. Eine „Person gewinnt Identität über ihren Bezug zum Interessengegenstand“ (Prenzel/Krapp/Schiefele 1986, S. 176).

Die (zentrale) Akzentuierung der Gegenstandsseite in der pädagogischen Interessenkonzeption macht deren genaue Bestimmung notwendig. In Studien des IPN zum Physik- und Technikinteresse (vgl. z.B. Hoffmann/Lehrke 1986) ist eine Dimensionierung hinsichtlich Lerninhalte, kontextuelle Einbindung und Schüleraktivität in der lernenden Auseinandersetzung erfolgt. Gräber unterscheidet in seinen Untersuchungen zum Chemieinteresse (vgl. 1992) inhaltliche und tätigkeitsbezogene Aspekte.

Die Übertragbarkeit des Interessenkonstrukts als Person-Umwelt-Bezug auf den Grundschulbereich ist gerade durch die Gegenstandskonzeption problematisch. „Auf der Seite der Person werden Interessengegenstände im Verlauf der Entwicklung ausdifferenziert, erweitert und ergänzt, mit anderen Gegenständen verkoppelt und womöglich zu komplexen Gegenstandsbereichen integriert“ (Prenzel/Lankes/Minsel 2000, S. 15). Die Gegenstandsseite von Interesse befindet sich also ständig im Fluss. Zwar wird eine im Vergleich zum Jugend- und Erwachsenenalter gleiche Funktionsweise von Interessen im Vorschul- und Grundschulalter anerkannt. Diese sind jedoch häufig wechselhaft und instabil.

Bislang fehlen aussagekräftige Befunde zu Interessen von Kindern im Grundschulalter - differenziert etwa nach Inhalten, Kontexten und Tätigkeiten. Hinweise zur Konkretisierung geben Ergebnisse aus Pilotstudien, die an der Universität Regensburg durchgeführt wurden. Diese zeigen, dass Grundschulkinder Interessen fast ausschließlich über Tätigkeiten definieren, wobei bewegungsintensive Betätigungen am beliebtesten sind (vgl. Fölling-Albers 1995). Das eigene, selbstbestimmte Tun und Handeln scheint ein sachinhaltsunabhängiges, übergreifendes Motiv für Grundschulkinder zu sein, interessenthematische Beziehungen auszuleben und auszubilden. Wichtig bei dieser durch Fragebogen und Einzelinterviews durchgeföhrten Befragung ist die Annahme, „dass Kinder im Grundschulalter durchaus zwischen Tätigkeiten, die sie bewusst und aktiv aus Interesse betreiben und Tätigkeiten, die zwar auch einen wichtigen Platz im Tagesverlauf einnehmen, aber weniger als bewusste und aktive Beschäftigungen wahrgenommen werden, unterscheiden“ (ebd., S. 24f.). In dieser

Hinsicht wird etwa auch die Tätigkeit des Sammelns als material- und gegenstandsunabhängiges Interesse von Kindern im Grundschulalter eingestuft (vgl. Lankes 1995).

Untersuchungen zur themenspezifischen Interessenentwicklung im Sachunterricht⁵ (vgl. Hartinger 1995) scheinen dies zu bestätigen, in dem bei einer handlungsorientierten, autonomieunterstützenden Unterrichtsgestaltung höhere Interessen- und Lernzuwächse bei Kindern nachgewiesen werden konnten. Systematische Untersuchungen zur Entwicklung der Lernfreude⁶ an verschiedenen Lerngegenständen und –aktivitäten während der Grundschulzeit (vgl. Helmke 1993) zeigen darüber hinaus, dass die affektive Tönung des schulischen Lernens - inhaltsunabhängig – positiv ist.

Bestimmungsmerkmale und Relevanz des Interessenkonstrukts für Kinder im Grundschulalter lassen somit Zweifel an seiner Verwendung aufkommen, um Ziele außerschulischer Chemieförderinitiativen zu formulieren und kindliche Verhaltensweisen in entsprechenden Kontexten zu beschreiben. Denkbar ist vielmehr, dass Kinder bei häufig nur einmaligen Laborbesuchen eher Neugierverhalten artikulieren, also eine kurze Phase der Zuwendung und Exploration in einem neuen, situational interessanten Umfeld. Die derzeitige Vernachlässigung des Grundschulalters im Hinblick auf Forschungsprozesse zur Interessenentwicklung (vgl. Prenzel/Lankes/Minsel 2000) mahnt in diesem Zusammenhang ebenfalls zur Vorsicht.

(Aber) Selbst wenn Kinder im Vor- und Grundschulalter Interessen im Sinne dauerhafter Personen-Gegenstands-Bezüge ausbilden können, ist dennoch die grundsätzliche Instabilität der Gegenstandsseite zu berücksichtigen. Welche naturwissenschaftlichen Inhalte, Phänomene oder Handlungen in der subjektiven Wahrnehmung von Grundschulkindern als persönlichkeitsbedeutsam erlebt werden, ist bislang nicht hinreichend erforscht. Zudem ist es von der Sache her nicht zutreffend, im Zusammenhang mit verordneten Besuchen von Grundschulklassen in Mitmachlaboren von einer freiwilligen und selbstbestimmten Entscheidung aus naturwissenschaftlichem Interesse heraus eines jeden einzelnen Schülers zu sprechen.

⁵ Im Mittelpunkt der Untersuchung stand das Themengebiet ‚Leben am Gewässer‘.

⁶ Das Konzept der Lernfreude ist ein motivationspsychologisches Konstrukt mit engen verwandtschaftlichen Beziehungen zum Interessenkonstrukt (vgl. Helmke 1993, S. 78).

Außerschulisches bzw. freizeitbezogenes Lernen wird gerade im Unterschied zum schulischen Lernen „von den Interessen der Kinder bestimmt, sei es, dass die Kinder sich für die Sache selbst interessieren oder in der Sache ein Mittel sehen, um im Rahmen der gegebenen Umstände persönliche Ziele realisieren zu können“ (Lipski 2001, S. 100). Naturwissenschaftliches Interesse lässt sich in diesem Sinne wohl u.U. vereinzelt und individuell anregen aber keinesfalls kollektiv festlegen.⁷ Geeigneter als eine oberflächliche Verwendung des Interessenbegriffs erscheint der Ansatz, das allgemeine Handlungsinteresse von Grundschulkindern zum Verstehen chemischer Sachverhalte in einem außerschulischen Handlungsrahmen (vgl. Kap. 5) nutzbar zu machen (vgl. Müller/Becker 2001).

2.3 Lernforschung im Bereich des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts – chemiedidaktische Defizite

Die Bemühungen und Initiativen, Kindern im Grundschulalter eine naturwissenschaftliche Sachbegegnung zu ermöglichen, werden von einer regelrechten Aufbruchstimmung getragen. Vorträge, Präsentationen und Workshops auf Tagungen dokumentieren dies eindrucksvoll (vgl. Universität Bielefeld 2004). Emotional-interessenbezogene Wirkungen (vgl. Kap. 2.2) werden – als Folge eines positiv-aktionistischen Handlungsbemühens – möglicherweise überschätzt, gerade auch wenn man berücksichtigt, dass der familiäre Einfluss von besonderer Bedeutung bei der Entstehung oder Veränderung gegenstandsbezogener Person-Umwelt-Orientierungen bei (jungen) Kindern ist (vgl. Kasten/Krapp 1996, S. 182ff.).

Darüber hinaus erfolgt nur vereinzelt eine theoretische Fundierung von Förderinitiativen durch lern- und entwicklungspsychologische Erkenntnisse. Lück (vgl. 2003) begründet ihre Arbeiten zur naturwissenschaftlichen Früherziehung von Kindergartenkindern mit der entwicklungspsychologischen Stadientheorie von Erikson. Danach wenden sich Kinder im Alter von vier bis sechs Jahren verstärkt der Dingwelt zu, was eine günstige Voraussetzung darstellt, um an naturwissenschaftliche Fragestellungen herangeführt zu werden.

Andere entwicklungspsychologische Theorien, die vom Stadienbegriff Abschied genommen haben, betonen die bereichsspezifische Genese kognitiver Fähigkeiten (vgl. Sodian 1995).

⁷ Duncker beschreibt dies damit, dass sich Interessen ihr Thema selbst suchen und sich nicht erzwingen lassen. „Wer versuchen wollte, das Interesse eines anderen Menschen in Inhalt und Ergebnis festzulegen, liefte Gefahr, es zu zerstören (Duncker 1994, S. 296).

Lernen und Wissen werden als entscheidende Faktoren für die geistige Entwicklung in den Vordergrund gestellt (vgl. Weinert 1997). In der Tradition Piagets stehende Denkweisen, wonach dem Erwerb kognitiver Kompetenz altersgemäße Grenzen gesetzt sind, gelten als überholt und haben aus Sicht der modernen Entwicklungspsychologie vielfach zu einer kognitiven Unterforderung von Kindern im Vor- und Grundschulalter geführt. So wird in unterrichtlichen Zusammenhängen den Kindern zu viel konkret anschauliches Material zur Verfügung gestellt, zu wenig abstrahiert und über unsichtbare Dinge gesprochen (vgl. Elschenbroich 2001, S. 90f.).

In dem der bereichsspezifische Wissenserwerb als Motor für kognitive Entwicklungsprozesse angesehen wird, sind Wissensinhalte, durch die sich die kognitive Entwicklung fördern und unterstützen lässt, von zentraler Bedeutung. Möglicherweise gewinnt so auch Jerome S. Bruners Diktum wieder an Aktualität, wonach jeder Wissensbereich „in eine so einfache Gestalt gebracht werden kann, dass jeder einzelne Schüler sie in einer erkennbaren Form verstehen kann“ (1974, S. 48).

Bruner verknüpfte seine Hypothesen mit einer Theorie der Repräsentation, wonach das Verständnis eines Lerninhalts v.a. von dessen Darbietung abhänge (vgl. 1971, S. 21ff.), die im wesentlichen der repräsentationalen Entwicklung des Kindes anzupassen sei. Die Annahme einer gestuften Entwicklungsfolge der repräsentationalen Kompetenz im Kindesalter konnte empirisch nicht belegt werden (vgl. Krist/Wilkening 1991). Aber selbst wenn heutzutage in der Wissenspsychologie davon ausgegangen wird, dass Struktur und Funktionen der Repräsentation von Wissen relativ entwicklungs invariant sind (vgl. Hasselhorn/Mähler 1998), kann Wissen nicht beliebig erworben werden.

Weinert/Waldmann akzentuieren deutlich, dass „der Wissenserwerb selbst im Verlauf der Entwicklung des Individuums einer Reihe [...] inhaltlicher Einschränkungen unterworfen ist“ (1988, S. 163). Zudem sind kognitive Entwicklungsprozesse – konzipiert als Wissenszuwachs in definierten Domänen – nicht allein von Wissens- und Lernangeboten abhängig. Neben bereits vorhandenen Vorstellungen und Denkmustern, emotionalen und motivationalen Haltungen (vgl. Pekrun/Schiefele 2001) sind generelle Denkfähigkeiten für kognitive Leistungsdispositionen ebenso bedeutsam (vgl. Weinert/Helmke 1993).

Mit Blick auf eine frühzeitige Heranführung in außerschulischen Handlungszusammenhängen muss die Frage also noch geklärt werden, ob der „anthropologische Grundtatbestand eines existentiellen Lernwillens bei Kindern“ (Köhnlein 1985, S. 46) allein ausreicht, um ihnen eine kognitiv fruchtbare Auseinandersetzung mit chemischen Sach- und Begriffszusammenhängen zu ermöglichen und somit förderlich für die kognitive Entwicklung zu sein.

Mit Blick auf schulisch institutionalisiertes Lernen hat sich gezeigt, dass spezifisches (Vor-)Wissen und darauf hin generierte Vorstellungen⁸ für das Lernen und Verstehen chemisch-naturwissenschaftlicher Inhalte von grundsätzlicher Relevanz sind. Die chemiedidaktische Forschung hat in den letzten gut 20 Jahren durch vielfältige Forschungsanstrengungen im Bereich ‚Schülervorstellungen‘ Ergebnisse zu Tage gebracht, die dies nachdrücklich unterstreichen (vgl. Pfundt/Duit 1994).

Danach resultieren zahlreiche Lernschwierigkeiten im naturwissenschaftlichen Unterricht aus der Inkompatibilität von objektiven Wissenschafts- und subjektiven Schülervorstellungen. Der (unterrichtliche) Versuch, subjektive Schülervorstellungen durch objektive Bedeutungsmuster auszutauschen bzw. aneinander anzunähern, endet häufig in Mischkonzepten, sog. ‚Hybridvorstellungen‘ (vgl. Jung 1993, S. 92f.).

„Für den Sachunterricht der Primarstufe liegen Untersuchungen zu Schülervorstellungen [...] vor allem zu Themen vor, die der Physik zugehörig sind oder ihr doch nahe stehen“ (Duit 1997, S. 235). Exemplarisch sei an dieser Stelle auf Untersuchungen über Schülervorstellungen zu den Themen ‚Magnetismus‘ (vgl. Kircher/Rohrer 1993) und ‚Schall‘ (vgl. Kircher/Engel 1994) hingewiesen. Aber auch weiter gefasste, grundsätzliche Denkweisen erfassende Untersuchungen zum ‚physikalischen Denken‘ von Grundschulkindern (vgl. Hagstedt/Spreckelsen 1986; Spreckelsen 1997) sind Gegenstand naturwissenschaftsdidaktischer Forschung.

⁸ Vorstellungen sind allgemein als geistige Entwürfe oder Konstrukte zu verstehen, die sich ein Mensch zu (thematischen) Ausschnitten von der ihn umgebenden Umwelt macht.

Bevor ‚Schülervorstellungen‘ zum Forschungsschwerpunkt (erhoben) wurden, hat man von Beginn bis Mitte des vorigen Jahrhunderts die kindliche Vorstellungswelt im Rahmen kinderpsychologischer Forschungen untersucht. Arbeiten wie ‚Die Auffassung physikalischer Sachverhalte im Schulalter‘ (vgl. Banholzer 1936), ‚Kind und physische Welt‘ (vgl. Zietz 1969), ‚Das kindliche Verständnis für Natur und Technik‘ (vgl. Jaide 1955) und ‚Die geistige Entwicklung des Kindes in der technischen Wirklichkeit‘ (vgl. Stückrath 1956) dokumentieren das.

Kinder wurden dabei zu unterschiedlichen Sachgebieten, etwa zu häufig erlebten Erscheinungen und Phänomenen aus Mechanik und Wetterkunde befragt, sollten Versuchspheomene zum Sinken und Schwimmen erläutern oder optische Erscheinungen erklären. Auf der Grundlage der Erklärungen unterschiedlich alter Kinder wurde schließlich eine stadiengemäße Entwicklung der Kausalitätserfassung nachgezeichnet (vgl. Zietz 1969).

Auffallend ist, dass Untersuchungen zu chemischen Vorstellungsmustern von Kindern im Grundschulalter in der Literatur nur wenig dokumentiert sind. Ausnahmen bilden Untersuchungen von Nay zum kindlichen Deutungsverhalten (thematisch unverbundener) chemischer Versuche (vgl. 1989), zu ‚kindlichen Erklärungsweisen naturwissenschaftlicher Phänomene‘ (vgl. Lindemann/Wicker 1999), zum kindlichen Vorwissen über das Thema ‚Säure‘ (vgl. Sebald/Häußler 1987) oder zur ‚Schulkindlichen Identifizierung von Säuren und Laugen‘ (vgl. Nay/Glatzel 1978).

Die geringe Dokumentationslage mag darin begründet sein, dass chemische Inhalte im Rahmen des Sachunterrichts an Grundschulen nur wenig thematisiert werden (vgl. Blaseio 2001), wenngleich für chemische Begegnungsmöglichkeiten im Sachunterricht geworben wird (vgl. Wöhrmann 1996). Andererseits kann dies auch als Hinweis dafür gewertet werden, dass die unterrichtliche Aufarbeitung chemischer Sachverhalte in einer wissenschaftsrelevanten Ausdeutung den kognitiven und emotionalen Voraussetzungen von Grundschulkindern nicht entspricht. Vereinzelte Originalquellen älteren Datums sprechen für diese Hypothese.

So dokumentiert Krause (vgl. 1962) das kindliche Deutungsverhalten chemischer Vorgänge am Beispiel der Verbrennung. Er kommt zu dem Ergebnis, dass es dem jungen Kind außerordentlich schwer falle „sein Denken [der chemischen] Wirklichkeit anzupassen. Es hat

die Welt der stofflichen Umsetzungen noch nicht entdeckt und ist mit den Gesetzen, die dort walten, nicht vertraut“ (ebd., S. 359).

Stückrath (vgl. 1953) sieht erst bei Kindern im Alter von 12 Jahren Ansätze einer chemischen Denkweise, um Feuererscheinungen und Verbrennungsvorgänge zu deuten. Mit Blick auf das Lernen chemischer Sachverhalte bedeutet das „eine Absage an alle experimentellen Verfahren, die das Kind mit einer Erkenntnis überfallen, nach der es weder gefragt hat noch überhaupt fragen kann. [...] Schulversuche sind vielfach ‚von oben‘ konstruiert, sie verfehlten die kindliche Weise zu fragen und zu denken“ (ebd., S. 409f.).

Schietzel plädiert dafür, exakte Naturwissenschaften in der Grundschule nicht zu unterrichten, denn „die Sprache des Grundschulkindes verweigert sich dem wissenschaftlichen Erkenntnisakt, und so gibt es auf dieser Schulstufe zwar die Sachkunde der Technik und Natur, aber weder Physik noch Chemie noch Biologie“ (1973, S. 164). In die gleiche Richtung argumentiert Lindemann (vgl. 1989), der einer entwicklungspsychologischen Leitlinie folgend auf die noch nicht ausgebildete Fähigkeit zu logisch-abstraktem Denken verweist und einen spielerisch-phänomenorientierten Zugang zur Chemie für Grundschulkinder vorschlägt.

Der Anspruch der Wissenschaftsorientierung des Sachunterrichts führte in den siebziger Jahren zur Entwicklung verfahrens- und strukturorientierter Curricula, die weiterführendes Lernen begünstigen sollten (vgl. Möller 2001). Lauterbach kommt in seiner Bilanz zu empirischen Untersuchungen, in denen die Effektivität derart fachlich ausgerichteten Elementarunterrichts erhoben wurde, zu einem negativen Gesamurteil. „Grundschulkinder lernen nicht, die naturwissenschaftlichen Fachbegriffe zu verstehen, sondern bestenfalls Wörter, die für sie stehen, assoziativ und grammatisch korrekt zu gebrauchen (1991, S. 205). In diesem Zusammenhang wurden Begriffe wie etwa ‚Stoff – Gemische – Stoffumbildungen – Verbindung‘ unterrichtlich aufgearbeitet (vgl. Schmidkunz 1971; Grüllich 1975).

Zusammenfassend lässt sich aus der Dokumentationslage in der chemiedidaktischen Literatur die Aussage ableiten, dass chemische Begriffe und Sachverhalte von Grundschulkindern in unterrichtlichen Zusammenhängen verstehend eher nicht erfasst werden und späteres Lernen im Fachunterricht wenig vorbereiten können. Außerschulische Projektinitiativen für Kinder

im Vor- und Grundschulalter haben zwar nicht den Anspruch, im Sinne curricularer Programme späteren Fachunterricht grundlegend zu fundamentieren, verfolgen jedoch kognitive Ziele (vgl. Kap. 2.1). Nichtsdestotrotz können empirische Belege zum Lernen und Verstehen chemischer Sachverhalte im Grundschulalter, die auf der Grundlage schulisch institutionalisierten Lernens gewonnen worden sind, nicht problemlos auf einen außerschulischen Zusammenhang transferiert werden.

Es kann angenommen und sinnvoll begründet werden (vgl. Kap. 5), dass außerschulische Lern- und Verstehensprozesse v.a. im Hinblick auf motivationale Aspekte bei Kindern und Jugendlichen unter einer günstigeren Voraussetzungslage ablaufen (können). In diesem Sinne zählen auch Reusser/Reusser-Weyeneth (vgl. 1994) die Kontextgebundenheit neben Subjekt- und Objektbezügen als wesentliches Voraussetzungselement konkreter Lern- und Verstehensfähigkeiten – machen also auf den Einfluss und die Bedeutung des äußeren Handlungskontextes auf kognitive Prozesse nachdrücklich aufmerksam. In der Literatur fehlen allerdings Belege darüber, ob bzw. wie Grundschulkinder in außerschulischen Handlungssituationen chemische Sachverhalte und Phänomene kognitiv bewältigen, womit ein fachdidaktisches Forschungsdesiderat virulent angezeigt wird.

3. Fragestellung der Arbeit

Kinder im Grundschulalter sollen durch außerschulische Förderinitiativen und Lernangebote für chemische Sachverhalte und Zusammenhänge begeistert und möglichst langfristig interessiert werden. Die Ergebnisse neuerer chemiedidaktischer Untersuchungen scheinen anzudeuten, dass (gerade) eine frühzeitige Heranführung an naturwissenschaftliche Fragestellungen spätere Berufsentscheidungen beeinflussen und spezifische Interessenprofile fundamentieren kann (vgl. Meichsner 2002).

Erkenntnisse zur (allgemeinen) Genese, Aufrechterhaltung und Veränderung von Interessen zeigen (aber) auch, dass diese im wesentlichen vom individuellen Bedürfnis nach (positiver) Kompetenzerfahrung bestimmt werden (vgl. Deci/Ryan 1993). Interesse im Sinne eines dispositionalen Persönlichkeitszustands bildet sich nur im Zusammenhang mit dem Gefühl des Kompetent-Seins in einem bestimmten Gegenstandsbereich aus.

Damit unweigerlich angesprochene Kognitionsaspekte sind im aufgezeigten Gegenstandsbereich bislang nicht untersucht worden. So stellen etwa Lück/Demuth fest, dass trotz der intensiven und interessierten Teilnahme von Kindern an naturwissenschaftlichen Experimenten die Frage noch geklärt werden muss, „inwieweit tatsächlich naturwissenschaftliche Phänomene kognitiv [...] verstanden werden“ (1998, S. 77). Dies erscheint gerade vor dem Hintergrund der öffentlichkeitswirksamen Darstellung chemischer Förderinitiativen und deren mit z.T. großen finanziellen Mitteln betriebene Implementierung problematisch. Es muss daher Aufgabe chemiedidaktischer Forschung sein, das Lernen und Verstehen chemischer Inhalte adressatenbezogen zu untersuchen, um auf diese Weise eine realistische Einschätzung von Möglichkeiten und Grenzen einer außerschulischen Chemieförderung zu erhalten. Das ist umso dringender geboten, je weiter enthusiastisch, aber wissenschaftlich weitgehend unreflektiert, Fördermaßnahmen möglicherweise ins Leere laufen.

Die vorliegende Untersuchung geht daher den Fragen nach,

- wie bzw. ob in unterrichtsähnlichen Arrangements Kinder im Grundschulalter elementare chemische Einsichten finden (können),
- ob Kinder im Grundschulalter in der Lage sind, aus dem Wechselspiel von praktischen Versuchshandlungen und kommunikativer Verständigung schließlich tragfähige (gültige) Erklärungsmuster aufzubauen, anzuwenden und damit zu verstehen und
- inwieweit chemische Begriffe, die v.a. operational-experimentell repräsentiert werden, Kindern im Grundschulalter sinnvoll und verständlich sind.

Diese Leitfragen werden im Rahmen der vorliegenden Untersuchung am Beispiel der Begriffe Säure und Lauge (vgl. Kap. 6) beantwortet.

Zur Untersuchung von Verstehensprozessen und deren Resultaten ist ein außerschulischer Handlungsansatz (vgl. Kap. 5) bestimmt worden. Es wird angenommen, dass in einer ungezwungenen, von Leistungsdruck befreiten Atmosphäre der Ablauf kognitiver Verarbeitungsprozesse unterstützt wird. Durch die Eingrenzung auf fachlich begrenzte Wissensbestände in Form des Säure-Lauge-Konzepts wird durch die vorliegende Untersuchung nicht der Anspruch erhoben, kindliches Verstehen bzw. Verstehensmöglichkeiten grundsätzlich und universell erfassen zu können. Gleichzeitig stellt die forschungsmethodische Ausrichtung (vgl. Kap. 7.2) nur eine Möglichkeit dar, um kindliche Bedeutungsvorstellungen verstehensorientiert zu rekonstruieren. Dennoch wird auf diese Weise ein erster Schritt vollzogen, um chemische Elementarbildungsangebote in kognitiver Hinsicht differenzierter beurteilen zu können (vgl. Kap. 1).

Im folgenden Kapitel gilt es zunächst, den der Untersuchung zugrunde gelegten Verstehensbegriff zu präzisieren. Dabei wird sich nicht auf kognitive Prozesse des Sprach- und Textverstehens beschränkt, die in einschlägigen Lehrbüchern der kognitiven Psychologie dokumentiert sind (vgl. z.B. Anderson 1996). Ziel ist es vielmehr, ein breiteres, kognitionspsychologisches Verständnis des Verstehenskonstrukts aufzuzeigen und – vertiefend – den begriffsbildenden Charakter erfolgreicher Verstehensvorgänge zu erläutern.

4. Zum Begriff des Verstehens

4.1 Der Verstehensbegriff – allgemeine Strukturmerkmale

Der Begriff des Verstehens ist facettenreich und mannigfaltig. Umgangssprachliche Begriffsverwendungen wie z.B.

- „Ich kann Dich gut verstehen!“
- „Der versteht sein Handwerk!“
- „Ich verstehe nicht, wie es zu diesem Unfall kommen konnte.“
- „Leider habe ich nicht verstanden, was die Kernaussage des Textes ist.“
- „Ich verstehe nicht, wie dieser Apparat funktioniert.“

belegen dies. Da Verstehen nicht einen einzelnen Tatbestand bezeichnet, sondern sich auf viele unterschiedliche, das menschliche Handeln oder technische Funktionsweisen betreffende Phänomene beziehen kann, ergeben sich zwangsläufig mehrere Bedeutungen.

Einer allgemein-psychologischen Kennzeichnung folgend wird Verstehen - ähnlich den Prozessen des Wahrnehmens und Erinnerns - als eine kognitive Grundtätigkeit des Menschen konzipiert (vgl. Zimbardo 1995). Auf der Grundlage kognitiver Strukturen wird ein sinnvolles, internes Abbild externer Informationen konstruiert, was eine Veränderung bestehender Schemata zur Folge haben kann. In Anlehnung an Piagets Theorie der kognitiven Entwicklung (vgl. Ginsburg/Opper 1998) lässt sich Verstehen somit als kognitive Grundfunktion mit assimilierenden und akkomodierenden Prozessanteilen auffassen. Ein verstehender Zugriff kann sich dabei auf eine Vielzahl von Sachverhalten und Tätigkeiten beziehen, die real-materiell gegeben sind oder nur auf mentaler, gedanklicher Ebene existieren.

Zur intensiveren Explikation des Verstehensbegriffs, der für eine Vielzahl von Verstehensfällen Geltung beansprucht, haben Reusser/Reusser-Weyeneth einen Kern von acht Strukturmerkmalen herausgearbeitet (vgl. 1990, S. 16ff.), die auch Urhahne (vgl. 2002) seinen drei naturwissenschaftlichen Studien zum Lernen mit neuen Medien zugrundelegt.

1. Verstehen als kognitive Konstruktion. Verstehen ist danach wesentlich als intentionaler und perspektivischer Vorgang der Sinngebung aufzufassen, der die (kognitive) Aktivität eines Subjekts zur unabdingbaren Voraussetzung hat. Gegenstände des Verstehens lassen sich nicht außerhalb eines Individuums beschreiben, sondern beinhalten immer einen Deutungsbeitrag des Subjekts. (Natur-)Wissenschaftliche Begriffe sind diesem Verständnis folgend in ihrer Bedeutung von einem breiten Wissenskollektiv akzeptiert.

2. Verstehen als Assimilation bzw. Integration einer Gegebenheit in die subjektive Wissensstruktur. „Indem Verstehensprozesse von den aufnehmenden Strukturen des Verstehenden her gedacht werden, erkennt man die fundamentale Rolle, die den qualitativen Strukturen des Weltwissens, damit der Begriffsbildung, als Bedingung und Hintergrund für das Verstehen zukommt“ (ebd., S. 17). In dieser Vorwissensgebundenheit sind sich Lern- und Verstehensprozesse in gewisser Weise äquivalent. Einen Sacherhalt verstehen heißt, ihn in ein bereits vorhandenes kognitives Schema integrieren zu können. Aebli bezeichnet den Verstehensprozess auch als ein Deuten, ein sinnmachendes Einordnen in Abhängigkeit des individuellen Sach- und Handlungswissens (vgl. 1980, S. 182). Eine grundsätzliche Bedeutungsunterscheidung bezieht sich zudem auf den Zeitaspekt des Verstehens: Verstehen kann sich auf ein vorübergehendes, flüchtiges Ereignis beziehen – gleichsam ein Verstehensakt – oder auch von dauerhafter, zustandsähnlicher Natur sein.

3. Verstehen als Interaktion von aufsteigenden und absteigenden Prozessen. Verstehen realisiert sich danach im wechselseitigen Zusammenspiel von Subjekt und dem Gegenstand des Verstehens durch aufsteigende, informationsgetriebene Bottom-up-Prozesse und durch wissensbasierte, erwartungsgesteuerte Top-down-Prozesse. Typischerweise wird das Verstehen von Texten in diesem Sinne modelliert. Allgemein ist für das Verstehen eines Gegenstands dessen Charakteristik ebenso bedeutsam wie das (Vor-)Wissen des Subjekts, das sich um Verstehen bemüht.

4. Verstehen als ein auf Sinnvollheit (Intelligibilität), Strukturgüte (Wahrheit, Richtigkeit) und Funktionalität (situative Angemessenheit) bezogener Vorgang. Der Verstehende muss im Verlauf einer kognitiven Auseinandersetzung zu einer situationsangemessenen, auf Gütekriterien bezogene Beurteilung seines Verständnis gelangen. Einen Text, eine beobachtete Fremdhandlung oder eigens durchgeführtes Versuchshandeln gilt als verstanden, wenn dieses in „das subjektive Handlungs- und Prozesswissen integriert werden kann“ (Aebli

1980, S. 189), wodurch zugleich Sachwissen vermittelt wird. Damit ist wenig dazu ausgesagt, welche Kriterien vom Subjekt zur Überwachung und Prüfung des konstruierten Verständnis herangezogen werden, um den Verstehensvorgang fortzuführen oder abzubrechen. Im Kern geht es um eine kriteriengeleitete, metakognitive Kompetenz, um die Qualität von Verstehensprozessen und ihren Ergebnissen zu beurteilen. Aus der denk- und entwicklungspsychologischen Literatur ist in diesem Zusammenhang bekannt, dass Lernende erhebliche Schwierigkeiten haben, ihr eigenes Verständnis zu überwachen und zu regulieren (vgl. Markmann 1979; Reusser 1988). Dies umso mehr, je weniger dem Subjekt der zu verstehende Gegenstandsbereich vertraut und bekannt ist.

5. Verstehen als mehrperspektivischer, mehrdeutiger und unabschließbarer Vorgang. Nicht jeder Verstehensvorgang kann zu einer subjektiv befriedigenden Einordnung des Verstehensgegenstands in die kognitive Struktur führen. Gegenstände und Objekte sind in Abhängigkeit der eingenommenen Perspektive mehrdeutig, so dass deren immanente Bedeutung – auch bei wohldefinierter Struktur – keineswegs immer (eindeutig) erschlossen werden kann. Verstehen kann also einen nach hinten offenen, unabschließbaren Vorgang darstellen. Der multiple Bedeutungsgehalt eines Verstehensgegenstands und daraus resultierende Lernschwierigkeiten sind in der naturwissenschaftsdidaktischen Literatur im Zusammenhang mit Schülervorstellungen vielfältigst belegt (vgl. Kap. 2.3).

6. Verstehen als Problemlösen. Häufig ist Verstehen assimilierender Natur. Das Lesen eines Textes, das Beobachten einer Handlung oder das Zuhören im Gespräch sind Normalfälle des Verstehens, wenn sich der Verstehende in vertrauten, geübten Kontexten bewegt. Verstehen vollzieht sich dann im Sinne eines als wenig aktiv erlebten Wiedererkennungsprozesses. Verstehensprozesse erhalten Problemlösecharakter, wenn die Assimilation einer Gegebenheit an die subjektive Struktur des Verstehenden nicht unmittelbar gelingt. Im Bemühen, den Erkenntnisgegenstand zu verstehen, wird versucht, durch Versuchs- und Irrtumshandeln, der Umstrukturierung von Problemmomenten oder der strategischen Bearbeitung von Problemräumen die geistige Barriere zu überwinden. Im allgemeinen wird angenommen, dass anspruchsvollere Verstehensprozesse – zumindest phasenweise – problematische Anteile beinhalten – vor allem dann, wenn der Verstehensgegenstand durch viele neue Anteile gekennzeichnet ist.

7. *Verstehen als ‚Sehen‘ von Zusammenhängen.* Verstehensvorgänge können häufig - in gestaltpsychologischem Sinne - als plötzliches Einstellen von Einsicht beschrieben werden (vgl. Wertheimer 1964). In gleicher Hinsicht kann auch das ‚Aha-Erlebnis‘ (vgl. Bühler 1907) gewertet werden, um den häufig beobachtbaren, diskontinuierlich-sprunghaften Charakter von Verstehensvorgängen zu beschreiben und gleichzeitig sich dabei einstellende, positiv-emotionale Valenzen auszudrücken. Umgangssprachlich sind dafür Begriffe und Redensweisen wie ‚Durchblicken‘, ‚Dahintersehen‘ oder ‚ein Licht aufgehen‘ bekannt. Im Regelfall allerdings hat Verstehen keinen Alles-oder-Nichts-Charakter, sondern ist ein gestufter Kognitionsprozess, in dessen Verlauf Umformungen der Problemrepräsentation vollzogen werden.

8. *Verstehen als kontextuell eingebetteter Vorgang.* Für alle Verstehensprozesse sind nicht allein strukturelle Faktoren maßgeblich, sondern ebenso funktional-pragmatische Kontexte zu beachten. So gehört zur schulischen und unterrichtlichen Sozialisation eines jeden Schülers die Ausbildung von Erwartungen und Motiven, die – unabhängig vom Vorwissen – den Erwerb eines sachbezogenen Verständnis behindern oder unterstützen können. Lehtinen (vgl. 1992) spricht von dem schultypischen ‚Kulissenlernen‘, um auf sozio-emotionale Bewältigungsstrategien von Schülern aufmerksam machen, die es ihnen ermöglicht, Anforderungssituationen zu bewältigen – ohne ein gründliches Verständnis der zu lernenden Inhalte erreicht zu haben.

Die einzelnen Strukturmomente des Verstehensbegriffs finden sich in didaktischen Denkzusammenhängen mit unterschiedlicher Akzentuierung wieder. In der Didaktik des Sach- bzw. Naturkundeunterrichts ist der Verstehensbegriff unzertrennlich mit dem Werk Martin Wagenscheins verbunden. Der ‚Vorrang des Verstehens‘ (vgl. Wagenschein 1974) habe über inhaltliche Fülle und engen Zeitvorgaben beim Lernen physikalisch-naturwissenschaftlicher Sachverhalte zu stehen. Voreiliges und verfrühtes, nicht von der primären Wirklichkeit des Kindes ausgehendes Unterrichten verhindere ein Verstehen, das zu subjektiv-sinnhaften Wissen führt.

Wagenschein sieht bei Kindern in der spontanen Begegnung mit unerwarteten Phänomenen, die denkend, sprechend und häufig auch handelnd geschehen, den eigentlichen Ausgangspunkt für Wissensaufbau und Verstehensgenese. Der Ausgangspunkt eines auf Natur-Verstehen ausgerichteten, fragenden und suchenden Verhaltens ist (stark) emotional

geprägt. „Es ist die umwölkte Stirn der Verwunderung, ja der Beunruhigung, die das Gesicht dessen zeichnet, der hier die ersten Schritte tut“ (Wagenschein 1980, S. 47). Eine fragende Denkhaltung geht einher mit emotionaler Betroffenheit. Das „dringliche Bedürfnis der Kinder nach Verstehen“ (Wagenschein 1983, S. 105) ist dabei ursprünglich, also wahrnehmungsdeterminiert und äußert sich v.a. gegenüber ungewohnten Natur-Erscheinungen. Hansen kommt in entwicklungspsychologischen Deskriptionen kindlicher Denkmuster zu ähnlichen Aussagen. Zweckgerichtetes Denken und Fragen als Kennzeichen frökhkindlicher Verstehensbemühungen sind demnach bei Angelegenheiten und Sachverhalten zu beobachten, „die dem Kinde besonders nahe gehen, die es überraschen, erschüttern oder gar quälen“ (1965, S. 208). Dieses Erleben stößt Verstehensprozesse an.

Erlebnisdeskriptiv-phänomenale Aspekte sind auch konstituierend für Verstehensvorgänge im Sinne eines ‚Leitbilds des Sachunterrichts‘ (vgl. Köhnlein 2001). Daneben bedeutet ein kindangemessenes Verstehen im Sachunterricht den „Prozeß des Aufbaus von stimmigen Zusammenhängen, des Verbindens von Neuem mit dem schon Bekannten und Einordnens in die eigene kognitive Struktur“ (Köhnlein 1999, S. 94). Sachunterrichtliche Erkenntnis- und Ordnungsleistungen sollen damit ihren Ausgangspunkt in den stofflich-lebensweltlichen Erfahrungen der Kinder haben.

Gleiches gilt auch für den im Grundschulbereich gebräuchlichen Terminus ‚Verstehendes Lernen‘ (vgl. Möller 2000). Als didaktisches Leitmotiv speziell für den naturwissenschaftlich-technischen Bereich des Sachunterrichts wird beabsichtigt, durch die reduzierte, exemplarische Lernauseinandersetzung nach dem Motto ‚Weniger ist mehr‘ verstehendes Lernen zu ermöglichen, das sich „im gründlichen Durchdenken und Versprachlichen von Vermutungen, Deutungen und Schlussfolgerungen ereignet [...]“ (ebd., S. 57). In dieser Hinsicht werden mit Hilfe des Verstehensbegriffs v.a. Aspekte wie Sinnhaftigkeit und Transferierbarkeit des erworbenen Wissens verbunden.

Kindliches Vorwissen als Ansatzpunkt für Verstehensprozesse manifestiert sich v.a. in Handlungs- und Kausalzusammenhängen, die aus Alltagserfahrungen heraus entwickelt worden sind und in konstruktivistischen Ansätzen als Präkonzepte konzeptualisiert werden. In diesem Sinne definiert Möller Verstehen als „Vorgang der Bedeutungskonstruktion“ (1991, S. 22) auf der Grundlage von Gedächtnisstrukturen, um unbekannten, neuen Objekten, Ereignissen oder (abstrakten) Informationen Sinn zu geben bzw. deren Sinngehalt zu deuten.

Auch Sumfleth (vgl. 1996) akzentuiert in besonderem Maße die Bedeutung subjektbezogenen Vorwissens für das Verstehen chemischer Inhalte, ähnlich wie dies Driver (vgl. 1986) für Aneignungsprozesse physikalischer Sachverhalte hervorhebt. Emotionale Begleiterscheinungen von Verstehensvorgängen und deren Resultaten sind in diesen Verstehensansätzen von geringerer Bedeutung.

4.2 Verstehen als begriffsbildender Prozess – dispositionelle Perspektive

Verstehen kann den Prozess eines Kompetenzerwerbs bezeichnen (vgl. Kap. 4.1), genauso wie den Zustand erreichter Sachkompetenz. In diesem Zusammenhang meint Verstehen „eine Fähigkeit, die gleichsam als eine Art Verstehensdisposition den einzelnen Akt überdauert [...]“ (Seiler 1994, S. 69) und auf diese Weise in der Zukunft verhaltenswirksam werden kann. Diese zweite Auffassung von Verstehen ist für die vorliegende Untersuchung zentral und daher konkreter zu fassen.

Um dauerhaft wirksam sein zu können, muss Verstehen wenigstens zu einem gewissen Teil bestehendes Wissen transformieren oder neue begriffliche Mittel elaborieren – also zu Veränderungen von Teilbereichen des kognitiven Struktursystems eines Individuums führen. Einem kognitiv-konstruktivistischen Paradigma folgend sind diese Vorgänge im wesentlichen von den begrifflichen Mitteln abhängig, über die das Individuum bereits verfügt. „Verstehen ist nur dann und in dem Maß möglich, als dass das Subjekt über geeignete Begriffe verfügt, um die Situation zu analysieren, alternative Perspektiven auf sie zu eröffnen und durch Differenzierung und Integration seiner ihm zur Verfügung stehenden begrifflichen Mittel eine neuartige Einordnung oder Lösung vorzunehmen“ (ebd., S. 73). In kognitiv-dispositioneller Hinsicht weist Verstehen also mit dem Resultat eines subjektiv-sinnhaften begrifflichen Aufbauprozesses semantische Parallelen auf.

Begriffe werden in psychologischen Modellierungen als Bausteine geistiger Tätigkeit beschrieben. Ein Begriff fasst eine Objekt- oder Ereignismenge aufgrund gleicher Merkmale zusammen. Damit besitzen nicht alle sensorischen Wirkungen eines Einzelobjekts nach ihrer begrifflichen Zusammenfassung noch Relevanz, sondern nur noch diejenigen, die das Objekt als Element des Begriffs ausweisen (vgl. Hoffmann 1983, S. 53). Begriffe bedingen, indem sie individuell unterschiedlichen Elementen Äquivalenz verleihen, eine Erleichterung und Ökonomisierung informationsverarbeitender Prozesse. Gerade dieser Aspekt ist für die

Wissenschaft Chemie essentiell, wird doch deren Struktur im wesentlichen davon bestimmt, Materie bzw. Stoffe aufgrund submikroskopischer Verwandtschaften begrifflich zu ordnen und zu systematisieren.

In der entwicklungs- und wissenspsychologischen Literatur sind (wenigstens) drei theoretische Modelle von Bedeutung, die den Erwerb und die Repräsentation von Begriffen betreffen (vgl. Hoffmann 1986, S. 41ff.).

Klassische Theorien gehen davon aus, dass Begriffsbildung im wesentlichen durch die geistigen Operationen des Abstrahierens und Klassifizierens gekennzeichnet ist. Von den Besonderheiten des einzelnen Stoffes oder einer materiellen Gegebenheit muss abstrahiert werden, die gemeinsamen Eigenschaften, sog. kritische Attribute, müssen hervorgehoben und kombiniert werden (vgl. Edelmann 1996, S. 174f.). Begünstigt wird diese theoretische Auffassung durch die bevorzugte Verwendung eines experimentellen Untersuchungsparadigmas, bei dem geometrische Figuren mit eindeutig definierbaren Attributen wie etwa Farbe und Form der Begriffsbildung zugrunde gelegt werden (vgl. z.B. Bruner/Goodnow/Austin 1956).⁹ Begriffe werden als hierarchisch organisierte, definitorische Ansammlung von Bedeutungselementen aufgefasst und als solche geistig repräsentiert.¹⁰

Die meisten entwicklungspsychologischen Arbeiten haben sich an dieser Sichtweise begriffsbildender Prozesse orientiert (vgl. Weinert/Waldmann 1988, S. 164). Danach tendieren jüngere Kinder dazu, sog. Komplexe zu repräsentieren, d.h., klassenbestimmende Merkmale werden von Exemplar zu Exemplar geändert. Nach Wygotski (vgl. 1964) sind erst Schulkinder im Alter von etwa 11 Jahren in der Lage, notwendige und hinreichende Merkmale stabil zu verwenden und ihrer Klassifikation zugrunde zu legen. Begriffsbildende Entwicklungen im Kindesalter werden in der Literatur auch als von ‚konkret zu abstrakt‘ oder von ‚perzeptuell zu konzeptuell‘ verlaufende Prozesse beschrieben (vgl. Oerter/Dreher 1998, S. 605)

⁹ Je nach Komplexität gilt es, mehrere relevante Merkmale aus einer gegebenen Objektmenge zu extrahieren und deren wechselseitige Beziehung zu erfassen. In der Literatur sind dazu verschiedene Kombinations- bzw. Klassifikationsregeln beschrieben worden, die das Verhältnis der relevanten Attribute näher kennzeichnen (vgl. Edelmann 1996, S. 176).

¹⁰ Die Darstellung verdeutlicht, dass sowohl geistige Erwerbs- als auch Repräsentationsmodi nebeneinander angenommen werden müssen.

Im Hinblick auf die Begriffsbildung für natürliche bzw. alltagssprachliche Kategorien hat sich gezeigt, dass die klassische Sichtweise von Begriffsbildung nicht ausreichend valide ist. Deren Struktur ist häufig dadurch gekennzeichnet, dass sich ihre Mitglieder auf einem Kontinuum der Kategoriemitgliedschaft anordnen lassen. Die Mitglieder einer solchen Kategorie sind in unterschiedlichem Maße typisch oder repräsentativ, wobei der ideale Repräsentant als Prototyp bezeichnet wird (vgl. Eckes/Six 1984, S. 3).

Der Prototyp repräsentiert die Eigenschaften oder Merkmale einer Kategorie in hervorstechender Weise und dient damit als kognitiver Bezugspunkt, um neue Gegenstände begrifflich zu verstehen. Je mehr gemeinsame (charakteristische) Eigenschaften ein Objekt zur summarischen Konzeptrepräsentation des Prototypen aufweist, desto typischer wird es eingeschätzt. „So kann man bei Grundschülern erleben, dass für sie die Blume eine typische Pflanze ist, der Baum dagegen nicht [...]. Ein typisches Merkmal kann so in den Vordergrund treten, dass nur bestimmte Vertreter zur entsprechenden Klasse zugelassen bzw. andere – aufgrund dieses Merkmals und ohne Beachtung anderer – fälschlich einbezogen werden“ (Lompscher/Klewitz 1997, S. 232).

Der Vergleich sog. Komponenten- und Prototypenmodelle zeigt, dass beide – entweder synthetisch oder sukzessiv angeordnet – auf relevante Merkmale des zu repräsentierenden Objekts basieren. Zudem erfolgt in beiden die Kategorisierung eines bestimmten Objekts durch den Vergleich wahrgenommener Objektattribute mit gespeicherten Begriffsmerkmalen (vgl. Schmerer 1998, S. 146).

Als theoretische Alternative zu den probabilistischen Konzepttheorien können die Exemplar- oder Mengentheorien angesehen werden, die eine nicht analytische Repräsentation von Konzepten postulieren. Begriffe sind demnach nicht zu verstehen als summarische Repräsentanten sondern als Menge von Erinnerungen an konkrete Exemplare. Auf diese Weise ist nur ein Minimum an Abstraktionsprozessen zur Konzeptbildung notwendig. „Da Komplexität bei Kindern, die eine Vielzahl von neuen Konzepten in kurzer Zeit und in häufig in unstrukturierten Lernsituationen erwerben müssen, sicher der Regelfall ist, erscheint es nicht unplausibel, auf dieser Altersstufe ein häufiges Auftreten nicht-analytischer Konzeptbildung zu erwarten (vgl. Weinert/Waldmann 1988, S. 168). Eine mengenmäßige Repräsentation tritt vermutlich v.a. dort auf, wo für die Etablierung eines Begriffs keine anderen Informationen zugänglich sind als eine Aufzählung der zu ihm gehörenden Objekte.“

Eine aktiv-konstruktive Rolle des Subjekts bei begrifflichen Verstehensprozessen wird v.a. in der genetischen Kognitionstheorie von Piaget vertreten. Demnach ist Begriffsbildung „nicht zu verstehen als Abstraktion in Begriffshierarchien, sondern als Aufbau von Beziehungsnetzen, die sich aus Handlungs-, Operations- und Relationsbegriffen [...] konstituieren“ (Aebli 1981, S. 95). Der eigenkonstruktive Charakter begrifflicher Aufbauprozesse rückt in den Vordergrund und eröffnet zugleich eine lehr-lern-theoretische Perspektive: Begriffe werden diesem Verständnis nach nicht fertig aus der Umwelt durch Erfassen einer Bedeutungsstruktur übernommen, sondern sind selbstständige Konstruktionen des Subjekts. Einen Begriff zu erwerben und damit zu verstehen heißt, mit Hilfe der zu einem Entwicklungszeitpunkt gegebenen und aktivierbaren geistigen Elemente neue kognitive Teilstrukturen aufzubauen.

Damit ist die Voraussetzung verbunden, dass die Ausgangselemente jeglicher Begriffsbildung ohne Ausnahme im Wissensrepertoire des Begriffsbildner enthalten sind (vgl. ebd., S. 98). Aus dieser theoretischen Perspektive heraus wird u.a. erklärbar, dass Begriffskonstruktionen (und damit einem Verstehen) Grenzen gesetzt sind, die intra- und intersubjektiv variabel sein können.¹¹

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Verstehen den subjektiven Vorgang bzw. die subjektive Fähigkeit beschreibt, einen Sachverhalt (bzw. dessen Bedeutung innerhalb einer wissenschaftlichen Gemeinschaft) begrifflich einzuordnen. Prozessuales und v.a. das in der eigenen Untersuchung fokussierte dispositionelle Verstehen „besteht immer in einer begrifflichen Tätigkeit, d.h. der Aktivierung von begrifflichen Strukturen und folglich in irgendeiner Form begrifflicher Einordnung, die selber wieder von anderen Begriffen begleitet und ausschnittweise rekonstruiert wird (Seiler 1984, S. 59). Als begriffliche Tätigkeit, die sich in Klassifikations-, Abstraktions- oder allgemein Konstruktionsprozessen manifestieren kann, ist Verstehen damit an ein Erkenntnissystem, an eine kognitive Struktur gekoppelt, die sich im Zuge des Verstehens verändert.

¹¹ Die (dynamische) Ausformung idiosynkratischer Begriffsstrukturen negiert jedoch nicht die Relevanz von Abstraktions- und Klassifikationsvorgängen.

Die individuelle Verstehensleistung im Sinne eines begrifflichen (Neu-)Aufbaus muss sich demzufolge mit Hilfe geeigneter Methoden (vgl. Kap. 7.2) rekonstruieren lassen. Gleichzeitig und ebenso bedeutsam ist die Tatsache, dass begriffliche Ordnungsleistungen als bewusst erlebt werden. „Das Bewusstsein selber kann verschiedene Formen und Grade annehmen. In jedem Fall ist es, von welcher Art auch immer, konstitutiv für Verstehen [...]“ (Seiler 1994, S. 71). Dies bedeutet, dass sich begriffliches Verstehen auch losgelöst bzw. unabhängig von konventionellen Bedeutungen vollziehen und aufgrund subjektiver Sinnhaftigkeit zustande kommen kann.

Die begriffliche Erörterung des für die vorliegende Untersuchung zentralen Konstrukts des Verstehens ist damit abgeschlossen. Im folgenden Kapitel werden die Leitlinien des eigenen Handlungsansatzes vorgestellt, um Kindern im Grundschulalter in freizeitorientierten Veranstaltungen eine verstehensorientierte Auseinandersetzung mit chemischen Sachverhalten zu ermöglichen.

5. Freizeitorientierter Handlungsansatz – konzeptionelle Leitlinien

Freizeit oder Freie Zeit wird nicht selten als jene Zeit definiert, die übrig bleibt, wenn vom Zeitbudget eines Menschen der Zeitbedarf für physiologisch notwendige Aktivitäten (z.B. Schlafen und Essen), für soziale Verpflichtungen und für Erwerbsarbeit abgezogen wird (vgl. Mayr 1996). An Stelle der Erwerbsarbeit tritt bei Schülern die strukturell ähnliche, schulisch gebundene Zeit. Für Kinder und Jugendliche ist Freizeit demnach mit Freiheit von Lernarbeit gleichzusetzen.

Ergebnisse sozialwissenschaftlicher Studien im Kontext „Veränderter Kindheit“ (vgl. Fölling-Albers 1998) zeigen, dass im Zeitraum der letzten 20 Jahre eine zunehmende Scholarisierung der Freizeit festzustellen ist. „So besuchen immer mehr Kinder und Jugendliche [...] Kurse und Einrichtungen, die ihrer Form nach, aber vielfach auch vom Inhalt her mit schulischen Lernangeboten vergleichbar sind: Die Veranstaltungen finden in speziellen Räumen statt; die Zeiten sind genau festgelegt; die Betreuer haben eine mehr oder weniger umfangreiche pädagogische Ausbildung erhalten, und die Lerninhalte sind oftmals identisch mit dem schulischen Curriculum – oder aber schulnah“ (Fölling-Albers 2000, S. 124).

Institutionalisierte Freizeit- und Förderangebote betreffen z.B. den musischen Bereich (musikalische Früherziehung), den Fremdsprachenbereich, den Besuch von Computerschulen oder kreative Freizeitveranstaltungen (wie Bastel-, Töpfer- oder Malkurse). Neben explizit schulnahen Aktivitäten und Inhalten nehmen zahlreiche Kinder und Jugendliche Angebote der Sportvereine wahr. „Der Sport ist nach wie vor das wichtigste Hobby der Heranwachsenden – für die Jungen allerdings mehr als für die Mädchen [...]“ (ebd., S. 32).

Allgemeine Merkmale außerschulisch organisierter Lernangebote wie Organisiertheit, Anbindung an spezielle Einrichtungen und ein definierter Zeitrahmen treffen ebenfalls auf chemisch-naturwissenschaftliche Förderinitiativen (vgl. Kap. 2.1) zu. Während die Teilnahme am schulischen Unterricht für Kinder und Jugendliche bis zu einem gewissen Alter verpflichtend ist, haben Veranstaltungen im Erfahrungsfeld Freizeit meistens

Angebotscharakter: Die Teilnahme ist freiwillig und damit weitestgehend selbstbestimmt.¹² Opaschowski bezeichnet (demnach) Freiwilligkeit und Zwanglosigkeit auch als entscheidende Strukturmerkmale freizeitpädagogischer Veranstaltungen (vgl. 1996, S. 204).

Vor dem Hintergrund der Selbstbestimmung als wesentliches, subjektbezogenes Bestimmungsmerkmal für die Teilnahme an außerschulischen Lernveranstaltungen, liegt es nahe, Freizeitaktivitäten als interessenthematischen Person-Gegenstands-Bezug (vgl. Kap. 2.2) zu konzeptualisieren. In diesem Zusammenhang zeigt eine Studie von Lipski (vgl. 2001), in deren Verlauf 1709 Kinder im Alter zwischen 9 und 14 Jahren mittels quantitativen und qualitativen Erhebungsverfahren zu ihren Interessen befragt wurden, dass

- Kinder diesen Alters grundsätzlich vielseitig interessiert sind, wobei neben sportlich-spielerischen Aktivitäten auch Beschäftigungen gewählt werden, die in gewisser Hinsicht Arbeitscharakter haben, wie z.B. schulnahe Lernen oder die Ausübung technischer oder gestalterischer Hobbys und
- Lern- und Kompetenzzuwachs nicht die vorrangigen Motive von Kindern bei der Ausübung außerschulischer Aktivitäten sind. Vielmehr ist ‚Spaß an der Sache‘ die eigentliche Antriebskraft. Die Aussage relativiert sich jedoch, wenn man bedenkt, dass sich Spaß und Freude vornehmlich im Zusammenhang mit dem Gefühl des Kompetenzseins in einem Gegenstandsbereich einstellen.

Außerschulische Lern- und Verstehensprozesse finden demnach v.a. unter der Voraussetzung und nicht als Ergebnis von Interesse statt. Sei es, dass sich die Teilnehmer für den Sachgegenstand selbst interessieren oder aber darin ein Mittel sehen, um im Rahmen der gegebenen Umstände persönliche Ziele zu realisieren. Die freiwillige Teilnahme hat in diesem Sinne eine Indikatorfunktion für besonders motiviertes (Lern-)Verhalten.

Da bei gerichteten kognitiven Aktivitäten wie Lernen und Verstehen außerhalb eines schulischen Bedingungsgefüges von einer Interessendeterminierung auszugehen ist, kann nicht zuletzt aufgrund emotions- und motivationspsychologischer Erkenntnisse (vgl. Pekrun/Schiefele 2001) von einer höheren Qualität der erzielten Resultate ausgegangen

¹² Allerdings muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass die Teilnahme jüngerer Kinder an Freizeit- und Förderkursen auch auf Initiative der Eltern hin zustande kommt (vgl. Fölling-Albers/Hopf 1995).

werden. „Wer mit Interesse lernt, verknüpft das neue Wissen oder die neuen Erfahrungen mit dem Vorwissen, verarbeitet also das Wissen tiefer, behält mehr und länger. Dabei unterstützt Interesse vor allem das verstehende Lernen“ (Prenzel/Lankes 1995, S. 13).

Im Hinblick auf konkrete Gestaltungsmomente interessensbasierter Lernhandlungen in einem außerschulischen Handlungskontext zeigen die Untersuchungsergebnisse von Lipski (vgl. 2001), dass Interessen von Kindern im betrachteten Altersbereich gleichsam übergreifend durch aktives Handeln geprägt sind und eindeutig Vorrang vor eher rezeptiv-konsumierendem Verhalten haben. Untersuchungen zu Interessenlagen von Grundschulkindern sehen das Tätig-Sein ebenfalls als determinierende Interessenvariable (vgl. Fölling-Albers 1995). Schließlich ist aus der motivationspsychologischen Forschung bekannt, dass Aktivitäten etwa in sportlicher, handwerklicher oder künstlerischer Art häufig allein aufgrund sog. tätigkeitsspezifischer Vollzugsanreize zustande kommen (vgl. Rheinberg 1989).

Verstehensprozesse in chemischen Sachzusammenhängen, die mit Kindern im Grundschulalter in einem freizeitbezogenen Kontext inszeniert werden, sollten auf der Grundlage interessentheoretischer Erkenntnisse handlungsintensiv resp. handlungsorientiert ausgerichtet sein und damit den Kindern eine möglichst praktisch-aktive Rolle im (Handlungs-)Geschehen einräumen. Der eigene Freizeitansatz gewinnt dadurch an Profil, in dem die Sachauseinandersetzung an eine handelnde Erarbeitung von Begriffen angebunden wird.

Aktives Handeln als grundlegender Baustein eines freizeitorientierten Ansatzes zum Verstehen chemischer Sachverhalte bezieht sich dabei nicht nur auf materielles Handeln in vorzugsweise versuchspraktischen Situationen, sondern beinhaltet auch immaterielles, geistiges Handeln, wie es durch das Bewerten des Handlungsprozesses und dessen Ergebnis zum Ausdruck kommt.

Diese Ausrichtung nimmt Bezug auf didaktische Grundsätze der Lernprozessgestaltung naturwissenschaftlich-technischer Sachverhalte im Grundschulalter (vgl. Möller 1987; Biester 1991). Handelnde Erarbeitung eines Begriffs ist darauf ausgerichtet, die konkrete Erarbeitung an wirklichen Objekten und Materialien zu realisieren. Die sprachliche Fassung des Konstruktionsprozess mit konkret-materiellen Elementen resp. Stoffen unterstützt diesen (als) Begriffsbildungsprozess.

Entwicklungspsychologische Erkenntnisse begründen zusätzlich die handelnde Ausrichtung von Verstehensprozessen in chemischen Inhaltsbereichen, denn im frühen Jugendalter erfolgt „die Auseinandersetzung mit der Umwelt [...] nicht in reflektierender Weise, wie das dann im Jugendalter stärker der Fall ist, sondern durch tätigen Umgang mit den Objekten selbst“ (Nickel 1979, S. 94).

Kognitionspsychologische Modelle verweisen zudem darauf, dass das Denken (von Kindern) aus dem Handeln erwächst. „Denken geht aus dem Handeln hervor, und es trägt – als echtes, d.h. noch nicht dualistisch pervertiertes Denken – noch grundlegende Züge des Handelns, insbesondere seine Zielgerichtetetheit und seine Konstruktivität“ (Aebli 1980, S. 26). Kognitive Prozesse, die Wahrnehmungstätigkeiten und in unterschiedlichen Modalitäten betriebenes Handeln begleiten, kommt so die Aufgabe zu, deren Struktur zu sichern, um schließlich begriffliche Strukturen zu elaborieren.

Mit Blick auf grundsätzliche Prinzipien zur Gestaltung chemischer Verstehensprozesse von Kindern im Grundschulalter wird weiterhin eine phänomenologische Ausrichtung der Sachauseinandersetzung (vgl. Buck 1996) als sinnvoll erachtet. Schon aus erkenntnistheoretischer Perspektive ist es sinnvoll, den (verstehensbasierten) Aufbau von Wissensbeständen nicht mit (abstrakten) Strukturen der Wissenschaften zu beginnen, um dann im Anschluss aus ihnen die Realitäten von Wahrnehmungen abzuleiten. Begriffliche Bedingungsgefüge sind vielmehr Ergebnisse, nicht Anfänge komplexer, kognitiver Prozesse.

Die wahrnehmungsdeterminierte Auseinandersetzung mit Phänomenen in vergleichender, ordnender und beziehungssetzender Hinsicht steht im Vordergrund. Die vertiefende Durchdringung und Ausdeutung künstlich herbeigeführter Phänomene in den submikroskopischen Bereich kann im Sinne einer auf Verstehen ausgerichteten Sachbeschäftigung für Kinder im betrachteten Altersbereich nicht von Bedeutung sein. Statt dessen sind im Grundschulalterbereich besonders solche chemischen Phänomene geeignet, „die sich dem Kind sinnhaft zeigen, möglichst vielseitig erfahrbar sind und einer Erklärung bedürfen“ (Pfeifer 1985, S. 53).

Phänomenorientierung als Kennzeichen einer außerschulischen Konzeption zum verstehenden Erfassen chemischer Sachverhalte akzentuiert somit eine Leitlinie, die durch Interpretation von Wahrnehmungseindrücken kognitive Ergebnisse konstituiert. Dass verstandenes Wissen

im Zuge phänomenorientierter Zugriffsweisen aufgebaut werden kann, zeigen Untersuchungen zur physikalisch-technischen Grundbildung aus dem Bereich des Sachunterrichts. So können Grundschüler durch sog. ‚Phänomenkreise‘ – der Anordnung prinzipiell ähnlicher Versuche zu physikalischen Phänomenen wie etwa dem Auftrieb – durch Analogiebildung zu erfolgreichen Konzeptbildungen gelangen (vgl. Spreckelsen 1995).

Interessenorientierung, Handlungsorientierung und Phänomenorientierung manifestieren somit als sinngebende und zugleich interdependente Leitlinien den freizeitorientierten Handlungsrahmen, in dem sich Kinder im Grundschulalter mit chemischen Sachzusammenhängen verstehend auseinandersetzen können (vgl. Abb. 1):

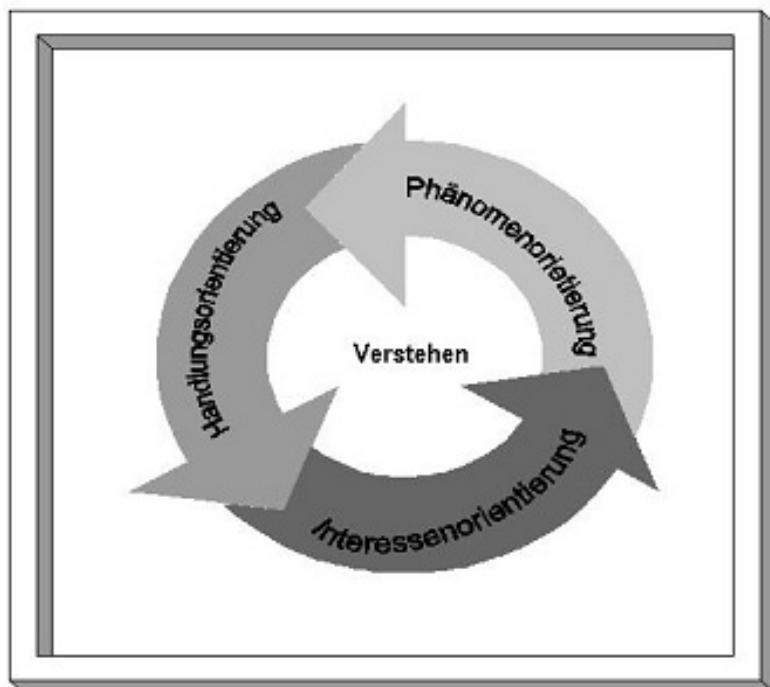


Abbildung 1: Handlungsleitlinien eines freizeitorientierten Ansatzes zum Verstehen chemischer Sachverhalte

Der auf Freiwilligkeit beruhende Handlungsansatz hat nach seiner theoretischen Fundierung beste Chancen, fachbegriffliches Verstehen zu unterstützen. Wenn es Kindern im Grundschulalter nicht gelingt, in diesem Rahmen begriffliche Objektivitäten nachzuvollziehen, dann sind Merkmale des Lernarrangements wohl zu vernachlässigen.

6. Das Säure-Lauge-Begriffspaar

6.1 Fachdidaktische Begriffsanalyse – unterrichtliche Lernschwierigkeiten

Die Untersuchung kindlicher Verstehensprozesse in dem aufgezeigten Handlungsrahmen ist inhaltlich am Säure-Lauge-Begriffspaar konkretisiert worden. Dieses zählt zu den zentralen fachwissenschaftlichen Konzepten, wenngleich der Begriff Lauge heutzutage durch den Basenbegriff in der fachwissenschaftlichen Terminologie abgelöst worden ist. Die verstehensorientierte Analyse des Säure-Lauge-Konzepts steht exemplarisch für Themenkomplexe wie etwa ‚Luft‘ oder ‚Chromatographie‘, die (ebenfalls) in fachdidaktischen Konzeptionen einer naturwissenschaftlichen (Früh-)Förderung (vgl. z.B. Lück 2003) berücksichtigt werden.

Der Säure-Base-Begriff hat neben der fachwissenschaftlichen auch eine große gesellschaftliche Bedeutung (vgl. Schanze 2001). Säuren und Basen werden als wässrige Lösungen zum Beispiel im Haushalt oder in der technischen Berufswelt als Reinigungs- oder Lösemittel eingesetzt. Dort ist der Begriff Lauge (auch) für die Lösung einer starken Base geläufig. Gelegentlich wird in diesem Zusammenhang auch der Begriff Alkalie verwendet. Im alltäglichen Sprachgebrauch meint man mit Lauge häufig eine Flüssigkeit, die ätzend wirkt bzw. andere Stoffe angreift, also gesundheitsgefährdend ist. Seifen und Waschmittel bilden – aufgrund alkalisch reagierender Bestandteile – mit Wasser Laugen. Seifenlauge ist in diesem Zusammenhang von alltagssprachlicher Relevanz. Der unangenehme, seifenartige oder ‚laugige‘ Geschmack ist als weiteres Kennzeichen von Laugen zu nennen. Entsprechendes gilt für den (charakteristischen) sauren Geschmack von Säuren.

Im Hinblick auf Lern- und Verständnisschwierigkeiten, die im Zusammenhang mit dem Säure-Lauge-Begriffspaar auftreten (können), sind in der fachdidaktischen Literatur umfangreiche Ergebnisse dokumentiert – vornehmlich für den Unterricht der Sekundarstufen (vgl. z.B. Häusler 1987b).

(Allein) Die Verwendung mehrerer Begriffe für gleiche Sachinhalte ist problematisch (vgl. Sumfleth 1987b, S. 35). So ist es üblich, die Begriffe Lauge, Alkalie, basische und alkalische Lösung auf ein und dieselbe Stoffgruppe zu beziehen. Darüber hinaus ist mit dem Säure-

Base-Begriffspaar das Problem verbunden, dass es mehrere theoretische Konzepte beinhaltet, die auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen wirken oder mit verschiedenen Definitionsmerkmalen versehen sind (vgl. Pfeifer/Häusler/Lutz 1992, S. 56ff). Neben der Definition nach Boyle auf der stofflichen Ebene (s.u.) existieren weitere Definitionen, die bereits die Ebene des Diskontinuums mit einschließen oder nur dort zu verwenden sind, wie zum Beispiel die Konzepttheorien nach Arrhenius, Brønsted/Lowry oder Lewis.

Im Hinblick auf den Erwerb eines abstrakten Verständnis des Säurebegriffs stellt Nay¹³ (grundsätzlich) die Wirksamkeit des Chemieunterrichts in Frage, denn Schüler wissen nach eingehendem Unterricht über im täglichen Leben bekannte Säuren nicht mehr als unterrichtlich nicht behandelte Kontrollpersonen. „Auch solche einfachen Lernziele, dass eine Säure sauer schmeckt, wurden [teilweise] nicht erreicht“ (1978, S. 218).

Differenzierende Längsschnittuntersuchungen zur Veränderung von Schülervorstellungen im Bereich Säure/Base im Laufe der Schulzeit (vgl. Sumfleth/Geisler 1998) zeigen, dass diese sich in den Jahrgangsstufen sieben, neun und 11 qualitativ gleichen und sich nur hinsichtlich ihrer Häufigkeit unterscheiden. Danach sind bei jüngeren Schülern der Sekundarstufe I v.a. alltagsweltliche Vorstellungen dominant, die etwa den gesundheitsgefährdenden Charakter von Säuren betreffen. Diese Eigenschaft wird allerdings verallgemeinernd auf alle, die Substanzklasse Säure repräsentierenden Stoffe übertragen. Darüber hinaus lassen sich häufig sprachlich bedingte Fehlvorstellungen identifizieren, wonach Substanzen wie Essigsäure aus Essig und Säure bestehen.

Die Autorinnen kommen zu dem Ergebnis, dass der Einfluß des Unterrichts im Hinblick auf ein Verständnis des Säure-Base-Konzepts in allen Jahrgängen nur „zu einem kurzfristigen Zuwachs an Wissen führt, aber langfristig kaum eine Wirkung zeigt. Besonders bei den Jüngeren werden kurzfristig Alltagsvorstellungen verdrängt, aber langfristig setzen sich diese gegenüber chemischen Erklärungsmustern durch“ (ebd. 1998, S. 207). Eine Ursache für diese Stabilität kann darin festgemacht werden, dass im Anfangsunterricht implizit fachliches Wissen und Denkweisen vorausgesetzt werden, „die bei den meisten Lernenden nicht vorhanden sind. Dadurch haben sie schon zu Beginn des Chemieunterrichts keine Chance, einen verstehenden Einstieg zu finden“ (ebd. 2001, S. 154). Umgekehrt lässt sich daraus

¹³ In der angeführten Untersuchung wurden Hauptschüler der neunten Jahrgangsstufe mit Hilfe eines Multiple-Choice-Verfahrens hinsichtlich ihrer Kenntnisse von Eigenschaften bekannter Vertreter der Stoffgruppe ‚Säure‘ getestet.

schlussfolgern, dass ein frühzeitig – etwa im Grundschulalter – angelegtes, auf Verstehen ausgerichtetes Wissensfundament den Schülern im späteren Fachunterricht das Erlernen der Säure-Base-Thematik erleichtern kann.

Die mit dem Säure-Base- bzw. Säure-Lauge-Begriffspaar verbundenen Schwierigkeiten im Unterricht der weiterführenden Schulen sprechen per se nicht dafür, Kindern im Grundschulalter eine erfolgreiche, verstehensorientierte Auseinandersetzung mit den Begriffsinhalten zu ermöglichen. Das trifft mit Sicherheit in Bezug auf Säure-Base-Konzepte zu, die sich auf eine teilchenorientierte Betrachtungsweise stützen. In diesem Zusammenhang dokumentieren klinische Interviews von Novick/Nussbaum (vgl. 1978) die großen Schwierigkeiten jüngerer Schüler, eine diskontinuierliche Materieauffassung zu akzeptieren bzw. zu verstehen.

Auch Löffler (vgl. 1992) kommt durch seine Reinterpretation der Interviews von Piaget/Inhelder zur Entwicklung der physikalischen Mengenbegriffe (vgl. 1975) zu der Schlussfolgerung, dass Kinder keineswegs einen mikroskopischen, naturwissenschaftlichen Atomismus gleichsam natürlich entwickeln. Zwar seien sie ab einem gewissen Alter in der Lage, eine Stoffportion gedanklich beliebig oft zu zerteilen und dabei die Mengenkonstanz gedanklich zu konservieren. Die dadurch erhaltenen Stoffportionen trügen aber weiterhin makroskopische Eigenschaften. Darüber hinaus findet sich in keinem Interview „ein Hinweis auf eine Änderung der Teilchenart im Verlauf des Lösungsprozesses, der als Ausdruck einer atomistischen Vorstellung im Sinne Demokrits oder der neuzeitlichen Naturwissenschaften verstanden werden kann“ (Löffler 1992, S. 97).

In der chemiedidaktischen Literatur wird folglich dafür plädiert, mit Grundschulkindern, „den Säure-Base-Begriff phänomenologisch zu erschließen, [denn] Versuche von verdünnten Säuren (z.B. Speiseessig) und Laugen (z.B. Seifenwasser) mit Indikatoren können Schüler der Primarstufe ohne Schwierigkeiten durchführen“ (Häusler 1987b, S. 288). Eine in dieser Hinsicht aufbereitete Thematik vereint alltagsbezogene und wissenschaftspropädeutische Ansprüche und wird daher einem als notwendig erachteten ‚chemischen Aspekt im Sachunterricht der Grundschule‘ gerecht (vgl. Wenck 1996, S. 173). Dieser wird offenbar auch realisiert, wenn Grundschüler im Zusammenhang mit pH-Wert-Bestimmungen von Wasser mit dem Farbindikator Rotkohlsaft experimentieren (vgl. Hellberg-Rode/Limke 2001, S. 148ff.).

Legitimierende Ansatzpunkte für die unterrichtliche Behandlung, die ein Verstehen implizit zur Voraussetzung haben sollten, werden darin gesehen, dass (zumindest) Säuren im natürlichen Erfahrungsbereich von Grundschulkindern liegen. Nach Ergebnissen der Befragung von Sebald/Häusler an Schülern der fünften Klassen dokumentieren sich deren lebensweltliche Kenntnisse darin, dass „viele Säuren korrekt dem Namen nach bekannt sind oder nach ihrem Anwendungsgebiet“ (1987, S. 290). In diesem Zusammenhang wurden von Schülern etwa Lötsäure, Batteriesäure, Salzsäure und auch Säuren zum Konservieren genannt. Interessant sind aber auch ‚Falschantworten‘ wie ‚Kalksäure‘ oder ‚Wassersäure mit Bläschen‘. Derartige chemisch-alltagsweltliche Worthybridisierungen sind vermutlich – zumindest im zweiten Fall – am Phänomen Kohlensäure orientiert (vgl. Echtermeyer/Kittlick 1996). Der Erfahrungsbereich Laugen ist bei Grundschülern hingegen deutlich unbestimmter. Nur vereinzelt kennen Kinder diese in (wort-)verwandten Zusammenhängen wie Seifen- oder Waschlauge (vgl. Sebald/Häusler 1987).

Die Eigenschaften technischer Säuren sind für den semantischen Raum des Säurebegriffs junger Schüler offensichtlich kennzeichnend. Nach den Untersuchungsergebnissen von Nay trifft das für den – allgemeinhin als typisierend angenommenen sauren Geschmack – nicht zu. Grundschulkinder verbinden nicht automatisch mit dem Säurebegriff einen sauren Geschmack. „Jüngeren Kindern fällt es zudem schwer, den Geschmack mit ‚sauer‘ zu identifizieren. Sie sprechen oft von ‚bitter‘“ (1989, S. 139). Indem Säuren zumeist als Flüssigkeiten mit ätzenden, aggressiven Eigenschaften gekennzeichnet, also als grundsätzlich gefährlich eingeschätzt werden (vgl. Apel 1996, S. 34), kommt zugleich ein konnotativ negativer Bedeutungsinhalt des Säurebegriffs zum Ausdruck. Ziel unterrichtlicher Lehr-Lern-Prozesse für Grundschulkinder sollte es daher sein, „objektive Aufklärung über Stoffe und ihre Eigenschaften“ (Sebald/Häusler 1987, S. 290) zu betreiben.

(Populärwissenschaftliche) Experimentierbücher speziell für Kinder sind nicht diesem aufklärerischen Ziel verpflichtet, sondern intendieren häufig eine ‚spielerische Wissensvermittlung mit einfachen Experimenten‘ (vgl. Schreiber 2000). Um in dieser Hinsicht wirksam sein zu können, sind Prozesse des Verstehens (vgl. Kap. 4.1) unabdingbare Voraussetzung. Dies umso mehr, wenn Kinder schriftliche Versuchsanleitungen selbstständig in entsprechende Versuchshandlungen umsetzen sollen. Auch hier haben Versuche zur Identifizierung von Säuren und Laugen ihren Platz (vgl. Ardley/Burnie 2000, S. 56). Das dazu erforderliche Potential zum Verstehen einer operational vermittelten Bedeutungsstruktur des

Säure-Lauge-Begriffs dokumentieren Formulierungen, wonach „ein Indikator ein chemischer Erkennungsfarbstoff ist, der anzeigt, ob eine Flüssigkeit neutral, sauer oder basisch reagiert“ (Press 2004, S. 22).

Als Ergebnis der fachdidaktischen Begriffsanalyse bleibt hier festzuhalten, dass das Säure-Lauge-Konzept

- als zentrales fachwissenschaftliches Konstrukt theoretisch unterschiedliche Komplexitätsebenen beinhaltet,
- in einer handlungsbasierten, operationalen Bedeutungsstruktur in der didaktischen Literatur als kindgemäßer, verstehtbarer Lerngegenstand eingeschätzt und
- auch in neueren fachdidaktischen Konzeptionen zur naturwissenschaftlichen Früherziehung (vgl. Lück 2003) in einer phänomenorientierten Zugriffsweise als Sachinhalt empfohlen wird.

Es fehlen bislang allerdings Belege und Dokumentationen darüber, ob und wie Kinder im Vor- und Grundschulalter unter einer verstehensakzentuierenden Perspektive (vgl. Kap. 4.1) einen fachwissenschaftlich reduzierten Bedeutungsgehalt des Säure-Lauge-Konzepts nachkonstruieren können.

Zur näheren Bestimmung soll im folgenden Teil das Verstehensprofil des Säure-Lauge-Begriffspaars gekennzeichnet werden, das der eigenen Untersuchung zugrundegelegt worden ist.

6.2 Konzeptionelle Umsetzung - Konsequenzen

Um Säuren zu identifizieren, nennen Primarstufenschüler häufig sensorische Qualitäten wie Geschmack, Geruch und Wirkungen auf die Haut (vgl. Nay/Glatzel 1978) – obwohl sie etwa den sauren Geschmack nicht als kritisches Eigenschaftsmerkmal einer Säure betrachten. Dieses widersprüchliche Verhalten lässt sich mit dem Mangel an Wissen darüber erklären,

wie Säuren (und Laugen) fachspezifisch identifiziert werden können. Eine historisch gewachsene, natürlich erscheinende Antagonie des Säure- und Laugebegriffs (vgl. Weißenhorn 1996, S. 26ff.) ist bei Grundschulkindern erfahrungsgemäß nicht vorhanden: Säuren und Laugen haben im Erfahrungshorizont der Kinder nichts miteinander zu tun - das Gegenteil von sauer ist (ja) süß.

Ein phänomenologisches Erschließen des Säure-Lauge-Begriffs, wie es in der Literatur beschrieben (vgl. Wenck 1996; Apel 1996) wird und strukturell ähnlich im eigenen Projektkontext umgesetzt wurde, zielt im Kern darauf ab,

- (Nachweis-)Reaktionen von Alltagsstoffen mit Indikatoren von Kindern eigentätig handelnd durchführen zu lassen,
- künstlich herbeigeführte Wahrnehmungseindrücke bzw. Beobachtungsdaten nach farblichen Verwandtschaften zu systematisieren und
- auf dieser Grundlage Schlussfolgerungen hinsichtlich stofflicher Eigenschaften vorzunehmen und diese sprachlich zu benennen.

Durch den (fachspezifischen) Nachweis von Säuren und Laugen mit Indikatoren wie Rotkohlsaft oder Universalindikatorpapier wird eine aus fachwissenschaftlicher Sicht operationale Bedeutungsstruktur des Säure-Lauge-Konzepts vermittelt. Gleichzeitig werden die Ergebnisse von Indikatorreaktionen dazu verwendet, um die Fachbegriffe einzuführen: ein Stoff, der im Zusammenhang mit einem Indikator eine spezifische Farbereaktion zeigt, ist als sauer, basisch oder neutral einzustufen.¹⁴ Darin kommt eine historisch-eigenschaftsbezogene Kennzeichnung der Fachkonzepte nach Robert Boyle (1627-1691) zum Ausdruck (vgl. Häusler 1987a, S. 278): Säuren verwandeln die blaue Farbe vieler Pflanzen in rot.

¹⁴ Die Verwendung von Alltagsstoffen in entsprechenden Versuchszusammenhängen hat zur Folge, dass der Säure- bzw. Laugebegriff im wesentlichen als (Gemisch-)Bestandteil fokussiert wird. Entsprechende Kennzeichnungen etwa auf herkömmlichen Speiseessig („enthält 5% Säure“) unterstützen diese konzeptionelle Vereinfachung.

Durch Alkalien lässt sich die ursprüngliche Farbe wiederherstellen. Alkalien (hingegen) verwandeln die blaue Farbe vieler Pflanzen in grün. Auch hier lässt sich durch Säuren die ursprüngliche Farbe wiederherstellen.¹⁵

Obwohl begriffsbildende Prozesse per se auf abstrahierende Operationen (vgl. Kap. 4.2) rückführbar sind, gewinnt der Begriff der Abstraktion im vorliegenden Fall eine zusätzliche, zugleich chemisch-exemplarische Bedeutung: Die zur Säure- oder Laugekategorie zu zählenden Stoffe (bzw. Stoffgemische) sind nicht durch unmittelbare Anschauung identifizierbar. Anders als (gegenständliche) Objekte des Alltags, die sich nach Form, Farbe, Konsistenz – also nach primär-sinnlichen Eigenschaften – identifizieren und kategorisieren lassen, müssen Konstruktionsprozesse im vorliegenden Begriffskontext auf indirektem Wege, über die Ergebnisse von Nachweisreaktionen, initiiert werden.

Wahrnehmungsintensive Versuche zum Nachweis sauer bzw. basisch reagierender Substanzen folgen dem Prinzip der Phänomenorientierung (vgl. Kap. 5). Zugleich haben eigene Erfahrungen aus Veranstaltungen im Volkshochschulbereich gezeigt, dass farbenfrohe Versuche bei jungen Kindern emotional positiv besetzt sind. Durch Berücksichtigung des von Lück/Demuth (vgl. 1998, S. 73f.) formulierten Kriterienkatalogs wurde darüber hinaus sichergestellt, dass die Versuche für die Untersuchungsteilnehmer einfach und ungefährlich zu handhaben sind. Während des dreitägigen Freizeitprojekts (vgl. Steinmetz 2000) wurde im wesentlichen mit Stoffen und Materialien gearbeitet, die den Kindern aus ihrem Alltag bekannt sind.¹⁶ Der materielle Sachbezug sollte gewährleisten, dass die Untersuchungsteilnehmer entsprechende Nachweisversuche im Sinne laborierenden Handelns (vgl. Wiebel 2000) auch unabhängig von angeleiteten Projektstunden in ihrer Freizeit durchführen können. Die Verwendung von Alltagsstoffen und –materialien sollte das begriffliche Verstehen insofern unterstützen, als dass die vermittelten Phänomene nicht ins Geheimnisvolle oder Zauberhafte projiziert werden.

¹⁵ Die darin zum Ausdruck kommende Neutralisationswirkung von Säuren und Laugen ist in der vorliegenden Untersuchung begrifflich nicht aufgearbeitet worden.

¹⁶ Zur intensiven Betreuung der Untersuchungsteilnehmer standen Studenten höheren Semesters zur Verfügung. Durch die Beteiligung von Grundschullehrerinnen und -lehrern wurde sichergestellt, dass kindliche Bedürfnisse und Motivationen ausreichend Berücksichtigung fanden. Das didaktisch-methodische Szenario wurde so optimiert.

6.3 Das Programm – Ablauf

Die Veranstaltungsform ‚Kinderfreizeitprojekt‘, die eine konkrete Umsetzung des freizeitorientierten Handlungsansatz (vgl. Kap. 5) darstellt, hebt sich durch einige Alternativmerkmale vom Schul- bzw. Unterrichtsalltag ab. In diesem Zusammenhang sind beispielhaft eine

- variable Pausenregelung,
- altersgemischte Gruppenzusammensetzung und
- der Verzicht von Hausaufgaben

zu nennen. Ein gemeinsames Frühstück zu Beginn der jeweils vierstündigen Lernvormittage ist fester Bestandteil jedes Ferienfreizeitprojekts. Durch diese Form der Ritualisierung lernen sich die teilnehmenden Kinder (besser) kennen, indem kommunikative Austauschprozesse gefördert werden. Gleichzeitig erfolgt eine Einstimmung auf die folgenden Lehr-Lern-Aktivitäten.

Ein Leitmotiv der freizeitorientierten Lehr-Lern-Strategie stellt die Stärkung der geistigen Aktivitäten der Kinder bei gleichzeitiger Reduktion der ‚Lehreraktivitäten‘ dar. Instruktionale und offene Phasen im ‚Kinderfreizeitprojekt – Säuren und Laugen‘ sind in der Form so ausbalanciert worden (vgl. Müller/Becker 2002, S. 29), dass den Untersuchungsteilnehmern in der vorstrukturierten Handlungssituation

- ausreichend Zeit eingeräumt wurde, um ihre Vorstellungen und Deutungsmuster etwa zu Indikatorversuchen zu äußern,
- in Gruppengesprächen (Sitzkreise) Versuchsbeobachtungen zu beschreiben, zu vergleichen und zu abstrahieren oder
- ‚Hypothesen‘ über den sauren bzw. basischen Charakter eines Stoffes aufzustellen und durch eigene Versuche zu überprüfen.

Der grundsätzlichen Leitlinie folgend, aus organischen und anorganischen Stoffen des Alltags durch Farbreaktionen mit Indikatoren die (Fach-)Begriffe Säure und Lauge zu exponieren und

damit operieren zu können (vgl. Kap. 6.2), ergab sich für das dreitägige Programm folgender Handlungslauf (vgl. Tab. 1):

Zeit	Ablaufskizze: Schwerpunkte
Erster Tag	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Frühstück</i> • <i>,Wer bin ich?' - Gesprächs- und Kennenlernrunde</i> • <i>,Bringen wir da Ordnung rein?' - Systematisierung bereitgestellter Stoffe nach Alltagskategorien</i> • <i>,Rotkohlsaft selbst gemacht!' - Herstellung eines wässrigen Rotkohlauszugs</i> • <i>,Was zeigt der Rotkohlsaft?' - Untersuchung der Alltagsstoffe</i>
Zweiter Tag	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Frühstück</i> • <i>,Da gehört doch was zusammen!' – Systematisierung der Stoffe nach Umschlagsphänomenen</i> • <i>,Was wisst Ihr über Säuren und Laugen?' – Eruierung kindlichen Vorwissens zum Säure- und Laugebegriff</i> • <i>,Säuren sind nicht immer flüssig' – Differenzierung der Vorstellung von Eigenschaften saurer Stoffe</i>
Dritter Tag	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Frühstück</i> • <i>,Säuren und Laugen sind nicht allein am Geschmack erkennbar' – Differenzierung und Flexibilisierung des Handlungsschemas ,Nachweis von Säuren und Laugen'</i> • <i>,Welcher Stoff ist eine Säure bzw. Lauge?' - Untersuchung unbekannter Stoffe hinsichtlich ihres sauren bzw. basischen Reaktionscharakters</i> • <i>,Hier arbeiten Chemiker' - Besuch von Laboren in chemischen Arbeitsbereichen der Universität Paderborn</i> • <i>Abschlussrunde – Ausklang des Kinderfreizeitprojekts</i>

Tabelle 1: Inhaltsprogramm ‚Kinderfreizeitprojekt - Säuren und Laugen‘

Alle neun Kinder haben durchgehend an dem Kinderfreizeitprojekt teilgenommen und unmittelbar am Ende der Veranstaltung die Bereitschaft gezeigt, an den (nachfolgenden) Untersuchungssituationen (vgl. Kap. 7.2) teilnehmen zu wollen.

7. Empirischer Teil

7.1 Einzelfalluntersuchungen von Kindern – forschungsmethodische Besonderheiten

Qualitative Forschung kann in vielfältigen Untersuchungsplänen bzw. Forschungsansätzen realisiert werden. Die Forderung nach Einzelfallstudien steht innerhalb qualitativer Ansätze an zentraler Stelle (vgl. Mayring 1999, S. 28). „Den zentralen Vorteil der Fallanalyse [...] erblickt man im allgemeinen dahin, sich durch die Beschränkung auf ein Untersuchungsobjekt oder relativ wenige Personen intensiver mit mehr Untersuchungsmaterial beschäftigen zu können und dadurch umfangreichere und komplexere Ergebnisse zu bekommen (Witzel 1982, S. 78). Das Bestreben, aus jedem der untersuchten Fälle eine eigene Untersuchung zu machen, verlangt vom Grundsatz her eine multimethodische Untersuchungsanlage (vgl. Lamnek 1995). Durch eine Methodentriangulation kann die Forschungsqualität vergrößert werden, in dem mehrere Analysegänge miteinander verbunden werden. Ziel dieses Vergleichs besteht darin, keine (erzwungene) Übereinstimmung zu finden, sondern die Individualitäten in einer differenzierten Gesamtschau zusammenzuführen.“

Trotz einer prinzipiellen Offenheit in der Methodenauswahl haben sich offene und kommunikative Verfahren in Einzelfalluntersuchungen als vorteilhaft erwiesen (vgl. ebd., S. 7). Die Forderung nach offenen, kommunikationsfördernden Erhebungsinstrumenten zur Untersuchung von Verstehensprozessen wird durch das Untersuchungsobjekt ‚Kind‘ noch verstärkt.

In der wissenschaftlichen Forschung besteht Konsens darüber, dass es außergewöhnlich schwierig ist, Kinder über die reine Deskription hinaus zu beschreiben (vgl. Rolff/Zimmermann 1986). Entwicklungspsychologische, soziologische, historische oder umweltpsychologische Forschungsanstrengungen haben in der Hauptsache mit dem gleichen Problem auszukommen: dem Mangel an empirisch geprüften Untersuchungsinstrumenten. Schließlich können Kinder im Vorschul- und Grundschulalter nur schwer einen standardisierten Fragebogen ausfüllen. Es ist also grundsätzlich schwieriger und aufwendiger, von Kindern in Forschungszusammenhängen etwas zu erfahren.

Darüber hinaus ist (das) Forschen von und mit Kindern zeitintensiver als vergleichbare Untersuchungen mit Jugendlichen und Erwachsenen. Der große methodische Aufwand lässt daher auch nur Untersuchungsarrangements mit wenigen Teilnehmern zu. Kinder müssen behutsam Vertrauen in den Forschungskontext entwickeln können. Dem forschenden Erwachsenen sollte zudem von vornherein klar sein, „dass viele seiner Einschätzungen über kindliches Verhalten und Denken von den eigenen Vorurteilen beeinflusst werden“ (ebd., S. 9). Die für empirische Untersuchungen übliche und notwendige Distanz zwischen Forscher und zu erforschenden Subjekten ist daher zu überwinden.

Nach persönlichen Erfahrungen fällt es gerade jüngeren Grundschulkindern nicht leicht, sich zu ungewohnten, nicht alltäglichen - wie etwa chemischen Sachkontexten - zu äußern. Auch sind natürliche Defizite im sprachlichen und schriftlichen Kompetenzvermögen mitzudenken, die dazu führen (können), dass Daten gar nicht erst erfasst werden. Dennoch sind die zu erforschenden Subjekte aufgrund ihres natürlichen Entwicklungsstands nicht als defizitär anzusehen. Die Gefahr des Nichternstnehmens und Missverständens kindlicher Verhaltensmuster wären die Folge.

Um das produktorientierte Verstehen des Säure-Lauge-Begriffspaares zu erfassen, sind die Einzelfalluntersuchungen rekonstruktiv angelegt worden. In definierten zeitlichen Abständen zum Handlungskontext ‚Kinderfreizeit‘ sind die Teilnehmer multimethodisch (vgl. Kap. 7.2) zum Sachinhalt (vgl. Kap. 6.2) befragt worden. Das auf diese Weise gewonnene Datenmaterial ist im Anschluss an dessen Transkription inhaltsanalytisch ausgewertet worden (vgl. Kap. 8). Nach Niedderer (vgl. 1996) lässt sich ein derartiges Untersuchungsvorgehen auch als rekonstruktive Analyse individuell-kognitiver Endzustände beschreiben.

7.2 Verstehensorientierte Untersuchungsmethoden

Begriffsstrukturen offen zu legen, um auf dieser Grundlage dispositionelles Verstehen im Hinblick auf objektive Angemessenheit und subjektiver Sinnhaftigkeit zu analysieren, erfordert einen methodischen Zugriff, der den Probanden in möglichst freier Form die Möglichkeit bietet, (themenspezifische) Bedeutungsmuster zu konstruieren. In Einklang mit der Probandencharakteristik und der verstehensorientierten Ausrichtung der Untersuchung sind dazu vier Methoden der Untersuchung bestimmt worden. Die methodische Auswahl korrespondiert mit der unterscheidbaren Vielfalt an Repräsentationsformaten, die in der

Kognitionspsychologie diskutiert werden. Aebli (vgl. 1981, S. 279) spricht in diesem Zusammenhang von Medien des Denkens, um auf die Modalität aufmerksam zu machen, in der Objekte (geistig) repräsentiert und verarbeitet werden. Das symbolisch-sprachliche, zeichnerische und problemlösende Handeln der Kinder ist somit als medial vermitteltes Denken aufzufassen.

7.2.1 Zum Untersuchungsinstrument ‚Zeichnung‘

Zeichnerische Handlungen werden von Kindern gern und häufig spontan vollzogen (vgl. Reiß 1996). Die positive Wertschätzung des Zeichnens lässt sich u.a. daran beobachten, dass Kinder Bilder in ihrer Freizeit zu Wunschmotiven malen oder persönlichkeitsbedeutsame Ereignisse zeichnerisch darstellen.

Die Beschäftigung mit natürlichen Kinderzeichnungen hat eine lange Tradition. Frühe Abhandlungen von Bühler (vgl. 1924) oder Stern (vgl. 1965) belegen dies. Standen diese Arbeiten vorwiegend unter (entwicklungs-)psychologischer Perspektive mit teilweise stark deskriptiv-biographischen Einschlägen, haben sich methodische Anwendungszusammenhänge inzwischen differenziert.

Innerhalb fachdidaktischer Forschungsaktivitäten werden Zeichnungen als methodisches Instrument eher selten eingesetzt (vgl. z.B. Lichtfeldt 1997), in der unterrichtswissenschaftlichen Literatur als forschungsmethodische Alternative zur Untersuchung von Verstehensprozessen jedoch empfohlen (vgl. White/Gunstone 1999).

Zeichnungen werden als unmittelbarer Niederschlag des subjektiven Vorstellungs- und Wahrnehmungsvermögens angesehen. Folglich sind für eine zeichnerische Aussage vielfältige Anteile konstitutiv: neben intellektuellen Anteilen können auch ästhetische, emotionale und kommunikative Aspekte von Bedeutung sein (vgl. Reiß 2000, S. 232).

In der wissenspsychologischen Forschung besteht zudem Konsens darin, dass kognitive Vorgänge wie Denken, Verstehen und Lernen auf bildlichen Konstruktionen beruhen können. In diesem Zusammenhang ist von ‚visueller Imagination‘ (vgl. Mussen et. al. 1993, S. 341) oder ‚mental Bildern‘ (vgl. Anderson 2001, S. 112) die Rede. Vorstellungsbilder sind grundsätzlich – gleich welcher Art – nicht als Kopien äußerer Bilder aufzufassen, die aus dem

Gedächtnis abzurufen sind. Es handelt sich vielmehr um Produkte von Bewusstseinsprozessen, für die perzeptive und interpretative Anteile konstituierend sind (vgl. Seel 2000, S. 61).

Untersuchungen zu Eigenschaften sog. analoger Repräsentationen entsprechender Objekte haben gezeigt, dass nicht davon ausgegangen werden kann, dass die Bedeutung eines Begriffs allein durch das von dem Wort hervorgerufene Bild gegeben ist. Die Untersuchungsteilnehmer sollten daher ihre Darstellungen zum Säure- und Laugebegriff zusätzlich verbal kommentieren. Um die bildliche Vorstellungstätigkeit durch den äußeren Kontext zu unterstützen, fand das Anfertigen der Zeichnungen in den Räumen statt, in denen auch das Kinderfreizeitprojekt durchgeführt wurde. Damit wurde einen Monat nach Beendigung des Projekts begonnen. Innerhalb von zwei Monaten hatten alle Teilnehmer die Untersuchungssituation absolviert.

7.2.2 Zum Untersuchungsinstrument ‚Concept Mapping‘

„Dem Denker sind gewisse Elemente gegeben und er muß zwischen ihnen Beziehungen (Relationen) herstellen. Wir sagen: Er verknüpft die gegebenen Elemente oder Denkgegenstände“ (Aebli 1988, S. 228).

Diese Aussage kann – obwohl sie einem anderen Kontext entstammt – durchaus als konkrete Aufgabenbeschreibung der sog. Struktur-Lege-Technik herangezogen werden. Das Verfahren, das in chemiedidaktischen Forschungsarbeiten etabliert ist (vgl. Sumfleth 1987a), steht in Korrespondenz mit einer kognitionspsychologisch weit verbreiteten Modellvorstellung, wonach menschliches Wissen in einem netzwerkartigen System eng miteinander assoziierter Begriffe organisiert ist (vgl. Schnotz 1996). Die (subjektive) Bedeutung eines Begriffs ergibt sich aus dem zugehörigen Netz oder Netzausschnitt, in das er eingebunden ist.

Das methodische Grundprinzip besteht darin, den Probanden, über deren Wissensstruktur Aufschluss gewonnen werden soll, Karten vorzulegen, auf denen zentrale Begriffe des in Frage stehenden Realitätsbereichs notiert worden sind. Im verknüpfenden Umgang mit Begriffskarten und der Benennung begrifflicher Relationen realisieren die Probanden Denkprozesse, deren Ergebnisse letztlich Aufschluss über den Bedeutungsgehalt der fraglichen Konzepte geben. Tergan spricht in diesem Zusammenhang von Offenlegung der ‚kognitiven Ausstattung‘ bzw. dem ‚Wissensbesitz‘ der Befragten (vgl. Tergan 1986, S. 199).

Die Auswertung von Mapstrukturen kann (dann) durch den Vergleich mit einer (objektiven) Referenzstruktur erfolgen. Durch die (In-)Kongruenz subjektiver und objektiver Verknüpfungen werden so Aussagen zur Wissensstruktur der Probanden möglich.

In der vorliegenden Untersuchung ist die Auswertung mit Hilfe eines Referenznetzes als nicht sinnvoll erachtet worden. Zum einen ist diese Entscheidung aufgrund der relativen Enge des fachlichen Wissensbereichs getroffen worden. Verstärkend hat sich dabei die Tatsache ausgewirkt, dass die zentralen, fachwissenschaftlichen Konzeptvorstellungen auf der Grundlage von Versuchshandlungen mit Alltagsstoffen nahegelegt worden sind. Die sich daraus ergebende Mehrdeutigkeit einiger der vorgegebenen Begriffe (s.u.) hat insofern gewisse alltagssprachliche Ordnungs- und Verknüpfungsmuster provoziert. Vielmehr ergibt sich eine Leitlinie in der Auswertung danach, inwieweit fachliche Bedeutungsaussagen vorzugsweise vor alltagsrelevanten Begriffsverknüpfungen von den Probanden formuliert werden. Daneben sind die Begriffsverknüpfungen im Hinblick auf einen fachlich angemessenen Aussagengehalt zu überprüfen.

Die eigentliche kognitive Anforderung der Probanden besteht darin, über wahrgenommene Wortbilder zugehörige Begriffsstrukturen zu aktivieren. Hoffmann (vgl. 1986, S. 13) betont in diesem Zusammenhang, dass das Verstehen der Bedeutung eines Wortes nichts anderes heißt, als die Aktivierung der mit ihm assoziierten Begriffe. Um das fachbegriffliche Verstehen der Untersuchungsteilnehmer zu erfassen, sollten die auf den Karten präsentierten Begriffe eng mit den Sachverhalten aus der unterrichtsähnlichen Handlungssituation korrelieren.

Neben dem Säure- und Laugebegriff sind daher auch exemplarisch bestimmte Stoffe und Gegenstände als Begriffe vorgeben worden. Zusätzlich wurden Farb-, Geschmacks- und stoffliche Konsistenzbezeichnungen vorgegeben. Diese eigenständigen Begriffseinheiten vermitteln nur im Zusammenhang mit einem stofflichen (z.B. Zitronensäure) oder gegenständlichen Bezugsbegriff (z.B. Universalindikatorpapier) einen fachlichen Aussagegehalt. Im Sinne von Referenzverknüpfungen konnte erwartet werden, dass

- der Säure- und Laugebegriff als Eigenschaft oder Bestandteil ausgewählter Alltagsstoffe ausgewiesen wird,

- praktische Versuchstätigkeiten im Sinne von Nachweishandlungen¹⁷ formuliert werden und
- Farbbegriffe mit dem Säure- und Laugekonzept assoziiert werden.

Um die Kinder mit der Mapping-Methode vertraut zu machen, wurde diese zunächst an einem fachfremden Beispiel eingeübt. Dabei wurde besonders darauf hingewiesen, die Verknüpfung zweier oder mehrerer Begriffskarten zu benennen. Schließlich wurde darauf geachtet, die Anzahl an Begriffskarten zu limitieren. Als Obergrenze hat sich die Zahl von 20 bewährt (vgl. Behrendt/Häußler/Reger 1997).

Bei der Anwendung von Mapping-Verfahren wird durch die Vorgabe von Begriffen zwangsläufig eine Auswahl möglicher Begriffsnetze vor-bestimmt. Darüber hinaus gilt es zu bedenken, dass die alleinige Vorgabe fachsystematischer Begriffe dem individuellen Charakter von Vorstellungen nicht in ausreichendem Maße Rechnung trägt (vgl. Sumfleth/Tieman 2000). Die Kinder sollten folglich Begriffe ergänzen, falls ihrer Ansicht nach die Vorauswahl nicht individuell genug gestaltet worden war. Die Mapping-Untersuchungssituation begann drei Monate nach Ende des Freizeitprojekts.

7.2.3 Zum Untersuchungsinstrument ‚Interview‘

Um das Verstehen auf der Grundlage einer freien, sprachlichen Modalitätsform zu rekonstruieren, wurden die Teilnehmer fünf Monate nach Beendigung des Kinderfreizeitprojekts mittels einer Interviewtechnik befragt. Die qualitative Sozialforschung stellt dazu verschiedene Methoden wie etwa das problemzentrierte Interview (vgl. Witzel 1985) bereit, um auf sprachlicher Basis subjektive Bedeutungen offen zu legen und in einem hermeneutischen Anschlussprozess zugrundeliegende Begriffsstrukturen zu erschließen.

Für die eigene Untersuchung ist eine weniger standardisierte Variante, die sog. narrative Interviewtechnik (vgl. Flick 1999), bestimmt worden. Dieses Erhebungsverfahren ist insbesondere für Themengebiete geeignet, die einen starken Handlungszusammenhang aufweisen und bislang relativ unerforscht (vgl. Kap. 2.4) sind (vgl. Mayring 1999).

¹⁷ Eine Handlung – etwa den Nachweis einer Säure oder Lauge – zu verstehen heißt, deren Ziel zu kennen. „Das Ziel ist in der Regel die Handlungskomponente, die dem Menschen am bewusstesten ist“ (Aebli 1986, S. 134).

Die Stimulierung der Erzählung durch den Versuchsleiter, die grundsätzlich am Anfang der Interviewsituation steht, wurde im vorliegenden Fall durch eine Auswahl an originalen Stoffen, Gegenständen und Materialien aus dem Projektkontext unterstützt.¹⁸ Der Interviewer greift während der Erzählung nicht ein, außer wenn der rote Faden der Darstellung verloren gehen sollte. Von entscheidender Qualität der Daten ist dabei, dass der Interviewpartner nicht durch Fragen unterbrochen wird. Der Interviewleiter hat vornehmlich die Aufgabe, durch verstärkende Äußerungen und Gestiken die Erzählstruktur begleitend aufrecht zu erhalten. Dem freiwillig bestimmten Ende der Erzählung folgt ein Nachfragen, um unklar gebliebene Passagen zu klären. Erst im letzten Teil, nach Abschluß der Erzählung, „ist es dem Interviewer gestattet [...] Warum-Fragen zu stellen, um zu der vom Erzähler intendierten subjektiven Bedeutungsstruktur zu gelangen“ (ebd., S. 56f.).

Um die forschungsmethodische Umsetzung in einer vertrauensvollen Atmosphäre stattfinden zu lassen, empfiehlt Flick (vgl. 1999) ein Interviewtraining. Im vorliegenden Fall ist die Interviewtechnik allerdings nicht explizit einstudiert worden, da es sich insgesamt um die dritte forschungsmethodische Nachsitzung handelte. Vertrauen und Verständnis als essentielle Voraussetzungen zur Durchführung des Interviews konnten daher vorausgesetzt werden. Aufgrund des zeitlich geringer einzuschätzenden Aufmerksamkeits- und Konzentrationsvermögens von Kindern im Grundschulalter wurden für die Durchführung eines Interviews 30 Minuten veranschlagt. Die Befragung in Partnerform sollte die Zeitdauer von 45 Minuten nicht überschreiten. Die Interviews wurden mit Tonbandgerät mitgeschnitten und anschließend transkribiert.

7.2.4 Zum Untersuchungsinstrument ‚Problemlösen‘

(Anspruchsvollere) Verstehensprozesse weisen häufig Problemlösecharakter auf (vgl. Kap. 4.1). Im Hinblick auf eine resultatbezogene Sichtweise von Verstehen am Ende kognitiver Verarbeitungsprozesse liegt es nahe, die erworbene Sachkompetenz in entsprechenden Anforderungssituationen – etwa zur Lösung einer Problem- oder Aufgabenstellung – zu nutzen.

¹⁸ Salzsäure, Bechergläser, Rotkohlsaft, Seife, Attapulver, Essig, Pipette, Universalindikatorpapier, Zitronensaft, WC-Reiniger.

Das Lösen eines Problems – als kognitiver Gesamtprozess – wäre einfach, wenn dem Individuum von vornherein der Weg zur Lösung des Problems bekannt wäre. Problemlösen ist v.a. dadurch gekennzeichnet, dass zu Beginn der kognitiven Auseinandersetzung nicht klar ist, welche Kenntnisse und Regeln weiterhelfen und welche vom Ziel wegführen – auch wenn diese prinzipiell im geistigen Besitzstand sind (vgl. Oerter 1972). Wenn die Transformation des Ausgangszustands in den Zielzustand durch den (einfachen) Abruf einer im Gedächtnis gespeicherten Lösung geschieht, wird in der denkpsychologischen Literatur von einer Aufgabe gesprochen (vgl. Hussy 1984, S. 114).

Die Komplexität von Problemlöseprozessen ergibt sich aus der Anzahl und Differenziertheit der beteiligten kognitiven Teilprozesse. Demnach sind bei zielgerichteten Verknüpfungsoperationen Wahrnehmungs-, Aufmerksamkeits- sowie Lern- und Gedächtnisprozesse beteiligt. Zudem variieren die benötigten Telfertigkeiten in Abhängigkeit der Problemstellung. Die kognitiven Operationen, die zur Lösung von Problemen eingesetzt werden, sind Operationen an begrifflichen Inhalten.

Es existieren verschiedene Theorien zum Denken und Problemlösen (vgl. zur Übersicht Mayer 1979). So wird etwa nach informationstheoretischen Modellvorstellungen das Lösen eines Problems als Absuchen eines sog. Problemraums beschrieben (vgl. Anderson 1996, S. 235ff.): Der Problemraum kennzeichnet die subjektive Abbildung der Aufgabenumwelt im Problemlöser. Dessen Aufbau geschieht in einem selektiven bzw. interpretativen Prozess, d.h., es werden aus der Aufgabenumwelt nur jene Aspekte repräsentiert, zu denen der Problemlöser sein vorhandenes Wissen verwenden kann (vgl. Lüer/Spada 1992, S. 255). Das zielbezogene In-Beziehung-Setzen von Elementen des intern repräsentierten Problemraums dient dazu, die Barriere zwischen Ausgangs- und Zielsituation zu überwinden. Diese Barriere wird auch als Lücke bezeichnet. „Ob ein Zustand in der Aufgabenumwelt überhaupt als Problem erkannt wird, hängt von der Art des individuellen Problemraumes ab, den ein Problemlöser aufbaut“ (ebd., S. 256).

Wissen und Denken können sich bei der Bearbeitung von Problemen und Aufgaben in vielfältiger Weise ergänzen. „Dabei sind die Anforderungen umso höher, je geringer das aufgabenspezifische Wissen einer Person ist, und je komplizierter die zur Lösung der Aufgabe führenden Prozeduren sind. In Grenzen kann somit Wissen Denken ersetzen und umgekehrt“ (Lüer/Spada 1992, S. 195).

Die Anforderungssituation, der die Untersuchungsteilnehmer sieben Monate nach Beendigung des Freizeitprojekts bearbeiten sollten, zielte darauf ab, identisch aussehende Feststoffe¹⁹ als exemplarische Vertreter der Substanzklassen Säure und Lauge zu identifizieren. Unter Berücksichtigung zuverlässiger Begriffsstrukturen lässt sich die Anforderungssituation als eine reproduktives Denken erfordernde Aufgabenstellung beschreiben. Unabhängig von vorgestellten oder wahrnehmbaren Stoffeigenschaften kann diese nur über fachspezifische Nachweishandlungen und deren Deutung erfolgen. Somit ist die Bearbeitung in praktischer Dimension an das Vorhandensein eines Handlungsschemas – Nachweis mit Indikatoren – gekoppelt. Neben diesem handlungsgemäßen Repräsentationsanteil ist eine Deutungskompetenz erforderlich, um die Farbphänomene zuverlässig zu klassifizieren.

¹⁹ Um zu vermeiden, dass die Untersuchungsteilnehmer vorschnell aufgrund von Konsistenzvorstellungen (Säure-flüssig) die Aufgabe bearbeiteten, wurden die Substanzen in fester Form vorgegeben. Während in der Projektsituation die Identifizierung von Säuren und Laugen im wesentlichen als Gemischbestandteile fokussiert worden ist, provoziert die Aufgabenstellung zusätzlich die Betrachtung bzw. Gleichsetzung der unbekannten Stoffe.

8. Einzelporträts – Interpretation und Ergebnisse

8.1 Charlott

Charlott ist zum Zeitpunkt der Untersuchung sieben Jahre alt und besucht die zweite Klasse einer dörflichen Grundschule. Typischerweise - mit Blick auf ihre kurze, schulische Sozialisation - hat sie noch keine Präferenzen für bestimmte Unterrichtsfächer ausgebildet. Sie hat „viele Lieblingsfächer“.²⁰ Als häufige Freizeitbeschäftigung gibt sie Laufen, Malen und „mit dem Hund spielen“ an. Ihre Motive für die Teilnahme an dem Projekt beschreibt sie mit positiv-emotionalen Wertungen („Spaß haben“ oder „einfach gut finden“). Anstöße im Zusammenhang mit schulischen Lernerfahrungen - etwa aus dem Sachunterricht - nennt sie nicht.

Offensichtlich hat Charlott durch Projekterfahrungen Anregungen erfahren, zu Hause Versuche durchzuführen. Diese werden von dem Bedürfnis genährt, im Haushalt verfügbare Stoffe wie Seife und Wasser zusammenzugeben und zu untersuchen, ob sich auf diese Weise „neue Sachen erfinden lassen“. Allerdings verläuft dieses unspezifische Ausprobieren häufig ohne Erfolg, so dass Charlott sich wünscht, unter Anleitung handlungsgemäß zu arbeiten („Es ist immer blöd, wenn man dann irgendwelche Versuche macht, wo gar nichts richtiges rauskommt. Deswegen wollte ich auch in den Kurs“).

Die Möglichkeit zum selbständigen Umgang mit Stoffen, um dabei Ungewohntes zu erfahren, wird – resümierend - positiv bewertet. Charlott gibt mehrfach zu verstehen, dass sich die außerschulische Lernsituation neben handlungsintensiven Möglichkeiten vor allem durch eine positive emotionale Grundtönung vom schulischen Unterricht abhebt. Wenn auch nur vorsichtig artikuliert, empfindet Charlott einige unterrichtliche Regularien als negativ.

²⁰ Wörtliche Äußerungen der Untersuchungsteilnehmer (vgl. Kap. 8.1-8.9) sind im Text mit Anführungszeichen versehen. Auf eine vollständige Zitation wurde aus Gründen der Lesbarkeit in der Kurzvorstellung der Untersuchungsteilnehmer allerdings verzichtet.

8.1.1 Strukturbildanalyse

Charlott hat für ihr Strukturbild zur Säure-Lauge-Thematik keine Begriffskarte aussortiert. Nichtsdestotrotz sind einige Karten unverknüpft geblieben. Deren Bedeutungsgehalt bleibt somit vage. Es kann durchaus angenommen werden, dass Charlott dem Begriff Wasser denotativ-sachliche Bedeutungsmerkmale beimesse kann. Andererseits wird in der Aussortierung von Begriffskarten der kontextuelle Einfluss begrifflicher Vorgaben deutlich. Danach macht es für Charlott offensichtlich keinen Sinn, Wasser im Hinblick auf dessen lösende Funktion zu kennzeichnen.

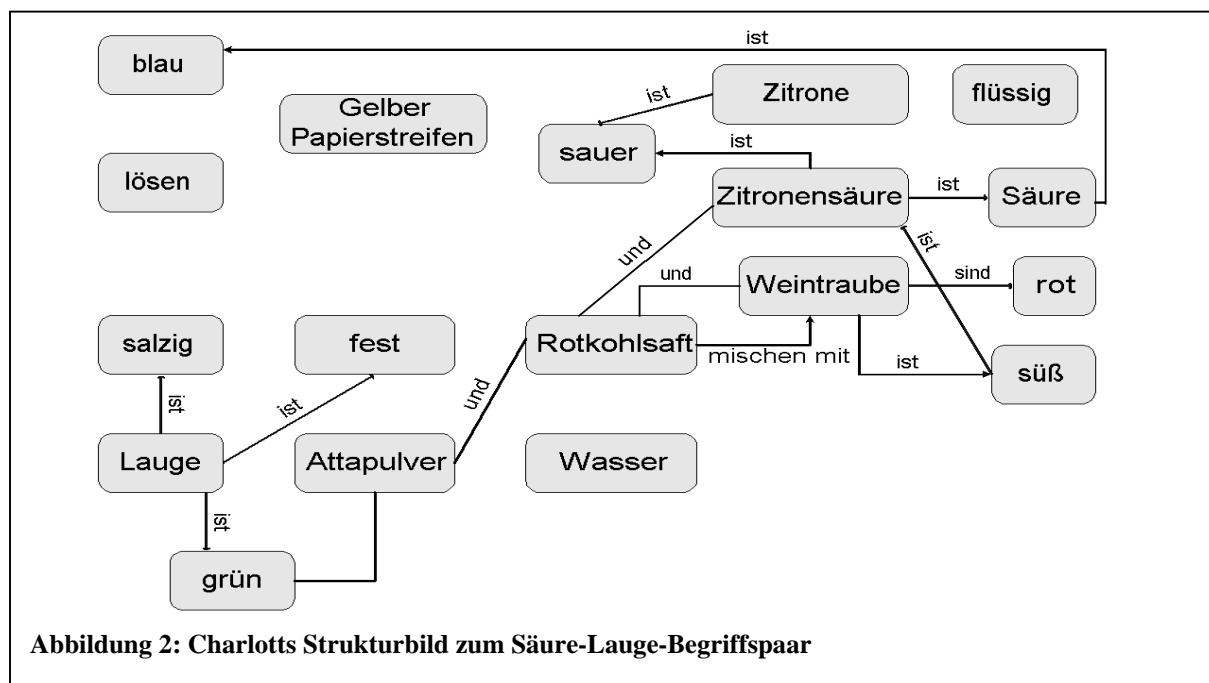


Abbildung 2: Charlotts Strukturbild zum Säure-Lauge-Begriffspaar

In Charlotts Strukturbild fallen Verknüpfungen auf, die nicht explizit mit Erfahrungen aus dem Projektkontext zu begründen sind (z.B. „Zitrone ist sauer“ und „Weintraube ist süß“). Dieses Phänomen ist mit der natürlichen Mehrdeutigkeit der Begriffskarten zu begründen (vgl. 6.2.2). Eigenschaftsrelationen sind es auch in erster Linie, die Charlott verwendet, um die zentralen Konzepte Säure und Lauge zu attributieren. Der Laugebegriff weist dabei quantitativ mehr Verknüpfungen auf.

Eine Lauge ist für Charlott danach durch die Merkmalsbegriffe salzig, fest und grün gekennzeichnet. In dieser begrifflichen Akkumulation vermischen sich stoffliche Eigenschaftsvorstellungen mit fachlichen Bedeutungsrudimenten. Offensichtlich rekonstruiert Charlott vage Ansätze von Nachweisversuchen und deren Ergebnisse („Säure ist blau“) in der Form, dass sie die angezeigten Farbumschläge als perzeptuelle Eigenschaften von basischen

und sauren Stoffen versteht. Eine Lauge ist demnach an der Eigenfarbe zu erkennen, wodurch das spezifische Reaktionsverhalten gegenüber Indikatoren unwichtig wird. Dafür spricht auch, dass das Reinigungsmittel Attapulver nicht als Lauge von Charlott klassifiziert wird, obwohl sie sich offensichtlich an ein Farbphänomen erinnern kann.

Von den in praktischen Handlungszusammenhängen verwendeten Indikatoren wird von Charlott nur Rotkohlsaft in Verknüpfungen mit einbezogen. Die Nachweishandlungen hat Charlott an das Schema ‚Mischen‘ gedanklich angebunden. In ihrem verstehenden Bemühen, mit Hilfe sprachlich abstrakter Symbole Erfahrungen aus dem Projektkontext zu rekonstruieren, haben für Charlott die Nachweishandlungen nur eine praktische Bedeutungsdimension. Der fachlich transportierte Aussagenbestandteil ist von Charlott abgetrennt worden. Sie versteht die spezifischen Umschlagsphänomene als Eigenfarben von Säuren und Laugen.

Dass die Begriffskarten Gelber Papierstreifen, Wasser und lösen als (formale) thematische Einheit (feste Substanzen müssen zuerst mit Wasser gelöst werden, um anschließend mit Hilfe von Indikatorpapier das saure bzw. basische Reaktionsverhalten zu testen) unverbunden geblieben sind, erhärtet diesen Deutungsaspekt: Charlott kann Nachweishandlungen mit Indikatorpapier nicht an ein fachliches Handlungsschema anbinden; dadurch gelingen ihr auch keine sinnvollen, bedeutungstragenden Konstruktionen.

Die Verknüpfung zwischen Säure und Zitronensäure spiegelt – formal – eine Ober- und Unterbegriffsrelation wider. Dabei fällt auf, dass Charlott den sauren Charakter nur als spezifische Eigenschaft von Zitronensäure versteht und nicht als allgemeines Merkmal einer Säure. Diese als typisch eingeschätzte geschmackliche Attributierung wird von Charlott auch zur Kennzeichnung von Laugen realisiert („Lauge ist salzig“). Es kann daher vermutet werden, dass Charlott eine grundsätzliche, für sie sinnmachende Verknüpfung (z.B. „Säure ist sauer“) übersehen hat oder einfach mitdenkt.

8.1.2 Zeichnungsinterpretation

Es vergeht einige Zeit, bis die erste Zeichnungsaufgabe gestellt werden kann, da Charlott zu Beginn erkennbar aufgeregt ist. Möglicherweise empfindet sie die Untersuchungssituation als

prüfungsähnlich. Zum Säurebegriff fällt Charlott spontan Zitronensäure ein, was für eine starke Assoziation der beiden Wörter spricht (vgl. Anhang A; Transkript 8).

Angesichts des nachfolgenden Kommentarausschnitts kann vermutet werden, dass ihre spontane Antwort nicht auf semantische Bezüge zurückzuführen ist, sondern in erster Linie durch Ähnlichkeiten der lexikalischen Repräsentationen zustande kommt. Charlott möchte im weiteren Verlauf Zitronensäure zeichnen. Da sie diese Assoziation nicht weiter verknüpfen bzw. konkretisieren kann, bricht sie ihr Malvorhaben ab (vgl. Anhang A; Transkript 14).

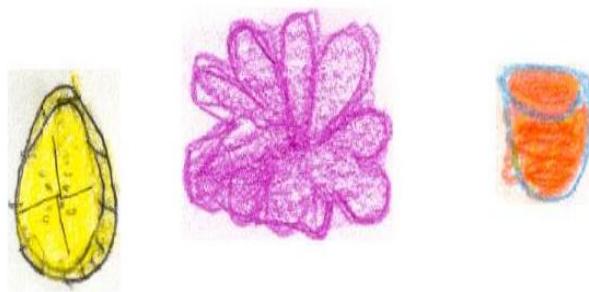


Abbildung 3: Charlotts Bild von einer Säure

(Allein) Daraus wird erkennbar, dass Charlott mit gegenstandsbezogenen, dinghaften Schemata an die Aufgabenbearbeitung herangeht. Ihr spürbares Bestreben, zu einem realistischen Abbild zu gelangen, kulminiert schließlich im Entwurf eines inneren Vorstellungsbildes, dem zeichnerisch zunächst in Form einer Zitrone Ausdruck verliehen wird. Der sprachlich vermittelte Denkprozess verdeutlicht, dass Charlott die Aufgabenstellung von einer übergeordneten Ebene auf eine kategorial niedrigere Stufe reduziert: Der Säurebegriff wird in Verbindung mit einem Substanzklassenvertreter gebracht. Der epistemische Bewusstseinsgrad dieser Transformation kann allerdings in Frage gestellt werden. Charlotts Zeichnungselement stellt ein stoffliches Alltagsobjekt dar, das real im Freizeitkontext vorgekommen ist. Eine rein zufallsbestimmte Auswahl und Entscheidung für die Zeichnung einer Zitrone wird daher ausgeschlossen.

Die Vermutung liegt nahe, dass Charlott sensorische Merkmals- bzw. Eigenschaftsvorstellungen zum Ausdruck bringen will, was durch ihre begleitende Kommentierung auch bestätigt wird (vgl. Anhang A; Transkript 30).

Der generalisierende Charakter ihrer Aussage trägt passive Züge und vermittelt dadurch den Eindruck fehlender Einsicht. Charlott bringt mit dem Säurebegriff augenscheinlich nur sensorische Geschmacksvorstellungen in Verbindung. Ihre kritischen Attribute sind der saure bzw. bittere Geschmack einer Säure. Die chemische Relation, Zitronensäure als Bestandteil einer Zitrone auszuweisen, ist nicht von Bedeutung.

Zugleich fällt die konjunktive Verknüpfung der geschmacklichen (Eigenschafts-)Attribute im Zusammenhang mit den sensorischen Qualität einer Zitrone auf. Möglicherweise ist dies Ausdruck nicht ausreichend differenzierter, sinnlicher Erfahrungen. Der Aussagenform nach zu urteilen versteht Charlott die Bezeichnung Zitronensäure als ‚Zitrone ist Säure‘. Darin kommt eine dinghafte, makroskopisch unvermittelte Betrachtungsweise zum Ausdruck.

Mit dem Bild einer Zitrone beendet Charlott die Aufgabe noch nicht. Der Zeichnung wird nach kurzer Zeit des Überlegens ein Rotkohlkopf repräsentierendes Element hinzugefügt (vgl. Anhang A; Transkript 32-36). Rotkohlsatz stellt ein weiteres, im Handlungskontext vorgekommenes Objekt dar. Charlott bemüht sich also, Objekte und Materialien aus der Projektfreizeit zu erinnern. Gleichzeitig müssen diese zu ihrem situativen Vorstellungsschema passen. Dieser Konflikt wird von Charlott durch eine konzeptuelle Bedeutungserweiterung gelöst (vgl. Anhang A; Transkript 43-44), indem sie das sensorische Vorstellungsschema Säure um das Merkmal süß erweitert.

Es lassen sich aus der Zeichnung keine Handlungs- und Bedeutungsstrukturen rekonstruieren, die fachlich bestimmt sind. Charlott klassifiziert in der konkreten Handlungssituation (kontextrelevante) Alltagsstoffe als Säuren anhand deren geschmacklichen Eigenschaften. Dies kommt eindringlich durch die Identifizierung von Rotkohlsatz als Säure zum Ausdruck, womit gleichzeitig zentrale Test- bzw. Nachweishandlungen negiert werden. Schließlich fügt Charlott ihrer Zeichnung noch die Darstellung eines Glases mit Grapefruitsaft hinzu. In ihrer ursächlichen Begründung verbindet Charlott erneut sensorische Eigenschaften mit episodischen Erinnerungen (vgl. Anhang A; Transkript 52; 54).

Strukturelle Ähnlichkeiten zum Lernarrangement können darin festgemacht werden, dass Charlott in ihrer Rekonstruktion den Säurebegriff ebenfalls als ordnungsstiftendes Konstrukt verwendet. Der Ordnungszusammenhang wird durch die (abstrahierende) Eigenschaft einer spezifischen Geschmacksausprägung bestimmt. Elemente spezifischer Test- bzw. Nachweishandlungen sind für Charlotts Bild zum Säurebegriff ohne Relevanz.

Dem Laugebegriff kann Charlott sofort ein Bedeutungselement zuordnen, wenngleich sie ihre Zeichnung nicht auf einmal, sondern im Sinne eines allmählichen, von (Denk-) Pausen durchsetzten Konstruktionsvorgangs entwirft.



Abbildung 4: Charlotts Bild von einer Lauge

Während die ersten beiden Objekte – Seife und Meister Propper - einen objektiven Bedeutungsbezug zum Laugebegriff aufweisen, sind die Lebensmittel Butter und Käse ohne fachbegriffliche Bedeutungsrelevanz. Die dargestellte Objektmenge zeigt, dass Charlott den Laugebegriff ebenfalls als Konstrukt versteht, um stoffliche bzw. objektbezogene Individualitäten zusammenzufassen. Allerdings lässt die Zeichnung keinen fachlichen Leitfaden erkennen, der eine Form von Äquivalenz spiegelt und damit eine Zusammenfassung unter den Laugebegriff nachvollziehbar machte.

Die Lauge-Seife-Assoziation entspricht formal Erfahrungen aus dem Projektkontext. Dort war Seife aufgrund von Indikatorreaktionen als Beispiel für eine basisch reagierende Substanz eingestuft worden. Dieses Sachwissen steht Charlott für die Aufgabenbearbeitung nicht zur Verfügung. Das zweite Reinigungsmittel – Meister Propper - als weiteres, zum Laugebegriff

gehörendes Objekt, wird von Charlott gezeichnet, „weil es auch eine Art von Seife ist“ (Anhang A; Transkript 82) und eben nicht bitter und süß schmeckt (vgl. Anhang A; Transkript 84).

Charlotts situative Verstehensbemühungen haben zur Folge, dass sie die (natürliche) Antagonie des Säure-Lauge-Begriffs schließlich auf sensorische Merkmale entsprechender Substanzen transferiert. Auf diese Weise kommt Charlott zu ihrem dritten und vierten Zeichnungsobjekt: Butter und Käse. Diese besitzen eben keine Geschmacksqualitäten, die ihrer Ansicht nach eine Säure kennzeichnen. In Charlotts Zeichnung zum Laugebegriff kommt demnach der innere Zusammenhang durch sensorische Attribute der Objekte zum Ausdruck, ohne allerdings in sich schlüssig und konsistent zu sein. Fachliche Bezüge fehlen ganz oder sind allenfalls diffuse Begleiterscheinungen, die nicht tieferliegend begründet werden können.

8.1.3 Interviewanalyse

In Charlotts erstem Erzählansatz besitzt das versuchspraktische Umgehen mit Rotkohlsaft eine besondere Valenz (Anhang B; Transkript 16):

Charlott: „Mit dem Rotkohlsaft, da haben wir viele Sachen gemixt. Also, zum Beispiel, wir haben Zitrone und Rotkohlsaft gemischt, und da kamen immer verschiedene Farben heraus. Und wir haben auch mit Säure und Lauge was gemacht. Und wir haben mit Essig gemacht, also mit dem Rotkohlsaft haben wir immer was gemischt. [...]“

Das Zusammengeben verschiedener Alltagsstoffe mit Rotkohlsaft wird (rekonstruktiv) als Mischhandlung interpretiert. Die generierten Vorstellungsbilder verschiedener Farbwahrnehmungen werden zwar in Verbindung mit den durchgeführten Mischhandlungen gebracht, bleiben aber unabhängig vom Säure- und Laugebegriff. Charlott spricht von Säure und Lauge ohne Zusammenhang bzw. unverbunden mit praktischen (Versuchs-)Tätigkeiten. Das manuelle Umgehen mit Stoffen hat also keinen Handlungscharakter, wenn Zielgerichtetheit und Bewusstheit als maßgebliche Kriterien von Handeln angelegt werden. Alltagsstoffe und fachchemische Konzepte existieren in Charlotts Vorstellungen unabhängig voneinander.

Auf ein erstes Nachfragen ergänzt Charlott einen Kategorisierungs- bzw. Sortierungsvorgang aus dem Projektkontext (Anhang B; Transkript 20):

Charlott: „Wir haben das immer sortiert nach Säure und Lauge. Das ist zum Beispiel, die Zitrone ist Säure. Rotkohlsaft ist Säure. Alles, was bitter und süß ist, das ist Säure. Und alles, was Lauge ist, das ist noch mal, was ist das noch mal-. Alles was trocken ist und pur.“

Dabei wird erkennbar, dass Charlotts Säurebegriff (erneut) durch sensorische Merkmale definiert und repräsentiert wird. Durch die dichotome Festlegung des Begriffsinhalts ergibt sich ein großer extensionaler Gehalt des Säurebegriffs, der Flexibilität in der konkreten Handlungssituation gewährleistet. Der Laugebegriff ist durch die stoffkonstitutionellen Merkmale trocken bzw. pur gekennzeichnet. Angesichts unterschiedlich langer Reaktionszeiten von Charlott wird vermutet, dass es sich bei den Assoziationen zum Laugebegriff eher um situationale Konstruktionen handelt und weniger um stabile kognitive Repräsentationen. Der sprachliche Ausdruck zeigt zudem keine integrierende Eigenschaftsrelation zwischen (Alltags-)Stoff und fachchemischen Konzepten an.

Die narrative Vertiefung des Säure-Lauge-Komplexes veranlasst Charlott, ihre Rekonstruktionen um „kleine Zettelchen“ (Anhang B; Transkript 35) – gemeint ist Indikatorpapier – zu erweitern. Deren Handlungsfunktion wird im Vergleich zur ästhetischen Beschreibung des Mischungsvorgangs mit Rotkohlsaft (vgl. Anhang B; Transkript 33) nüchtern beschrieben. Dass beide Nachweishandlungen gemäß ihrer fachlichen Intention nicht verstanden worden sind, wird eindringlich in der semantischen Interpretation von Rotkohlsaft als Säure deutlich (vgl. Anhang B; Transkript 37). Die bewusst entwickelte, zugleich stabile Vorstellung des süßen und sauren Charakters einer Säure wendet Charlott dann situativ-imaginativ an (vgl. Anhang B; Transkript 53).

Die flexible Anwendung des Ordnungsrahmens dokumentiert sich in Charlotts Bestreben, im Alltag vorkommende Stoffe in das Säureschema zu integrieren. Dazu werden die von ihr zugrundegelegten geschmacklichen Qualitäten auch als Eigenschaften von Reinigungsmitteln gedeutet (vgl. Anhang B; Transkript 47) und chemische Stoffbezeichnungen subjektiv-sinnmachend umstrukturiert. Die generierten Assoziationen zum Laugebegriff spielen im Verlauf der Systematisierungsleistung keine Rolle, was den Verdacht eines Spontankonstrukts

erhärtet. Charlott fällt es in der Interviewsituation erkennbar schwer, den Laugebegriff (auch subjektiv) sinnvoll zu bestimmen.

8.1.4 Problemlösendes Verhalten

Charlott stellt – ohne dass überhaupt eine Aufgabenstellung formuliert worden ist – keine Vermutungen über die vorgelegten Substanzen an, sondern identifiziert diese gleich als alltagsrelevante Stoffe: Salz, Zucker und Waschmittel (vgl. Anhang C; Transkript 2). Wie nicht anders zu erwarten, begründet Charlott ihre Aussage auf Nachfrage mit der äußerlich wahrnehmbaren Struktur der vorgelegten Stoffe (vgl. Anhang C; Transkript 8).

Im Anschluss wird versucht, Charlotts situationale Fixiertheit aufzuweichen und damit die Aufgabenstellung überhaupt erst zu problematisieren (vgl. Anhang C; Transkript 13-14). Charlott gibt ihre anfängliche Bestimmtheit auf. Schließlich wird sich der eigentlichen Fragestellung zugewandt (Anhang C; Transkript 23-24):

Versuchsleiter: „Könnten denn die Stoffe in den Gläsern auch etwas mit einer Lauge oder Säure zu tun haben?

Charlott: Ja. Wenn das hier Waschpulver wäre, dann wäre das nämlich Lauge. Und das: Wenn das Salz wäre, wäre das nämlich Säure. Weil Säure ist sauer und salzig. Eh, sauer und siß.“

Die (bewusste) Vorgabe von sich äußerlich kaum unterscheidenden Stoffportionen scheint die Aktivierung fachlicher Denk- und Handlungsschemata nicht zu unterstützen. Im Gegenteil: Charlott kommt zu fachbegrifflichen Aussagen, indem sie den vorgelegten Substanzen ihr bekannte stoffliche Identitäten zuschreibt. Auf diese Weise findet im Fortlauf eine Vermengung bzw. wechselseitige Beeinflussung zwischen Eigenschaften von Alltagsstoffen und Fachkonzepten statt. Charlott erkennt nicht die Notwendigkeit, ein praktisch-experimentelles Prüfverfahren für die gegebene Fragestellung anzuwenden. Die operationale Fachbegriffsstruktur steht Charlott für die Aufgabenbearbeitung offenbar nicht zur Verfügung.

Die assoziative Verknüpfung von Waschpulver und Lauge kann als fachlich-formales Rudiment gewertet werden, das jedoch einen tieferliegenden Sinnbezug vermissen lässt. Hinter der (gedanklichen) Verknüpfung von Salz und Säure verbirgt sich (vermutlich) der

Stoffname Salzsäure, was als weiteres Indiz für die sprachlich-oberflächliche Determiniertheit von Charlotts Vorstellungen gewertet wird. Ihre (kausale) Wenn-Dann-Verknüpfung zeigt darüber hinaus, dass die Substanzen an sich als (mögliche) Säuren oder Laugen beurteilt werden. Ein abstraktes Bestandteilsdenken ist nicht erkennen, allerdings aufgrund des ähnlich homogenen Aussehens der Substanzen auch kaum erwartet worden.

In Umkehrung der Aufgabenstellung wendet Charlott ihre alltagsstofflichen Eigenschaftsvorstellungen zum Säurebegriff an, um einen der Stoffe als Zucker und damit gleichzeitig als Säure zu identifizieren („Säure ist sauer und süß“). Gleichzeitig kann Charlott aufgrund des fehlenden operationalen Begriffsverständnis in der Handlungssituation die spekulativ-hypothetische Ebene nicht verlassen und damit zu keinen eindeutigen Aussagen kommen (vgl. Anhang C; Transkript 25-30).

Die Relation zwischen Waschpulver und Lauge kann im Fortlauf von Charlott folgerichtig nicht konkretisiert werden. In Ermangelung tieferliegender, bedeutungserzeugender Strukturen kommt Charlott zu keinem in sich schlüssigen Vorstellungsentwurf. Sie weiß mit dem Laugebegriff nichts anzufangen (vgl. Anhang C; Transkript 31-32). Die Aufgabenstellung wird daher nochmals konkretisiert und auf die Unbekanntheit der vorgelegten Substanzen hingewiesen (Anhang C; Transkript 34):

Charlott: „Ah. Genau. Ich weiß, wie man das rausfinden kann. Wir können jetzt zum Beispiel mal ein bisschen Wasser hier rein kippen. Weil Waschpulver löst sich ja auf. Und dann könnten wir gucken, ob sich das richtig gut auflöst. Und ob sich das (andere) auch auflöst.“

Charlott rückt von ihren anfänglichen Festlegungen ab und geht auf einen praktischen Lösungsentwurf über. Ihr Vorschlag ist spekulativ, letztlich mit fachlichen Nachweishandlungen nicht kompatibel. Dies bedeutet allerdings nicht, dass Charlotts Vorschlag keine subjektiv-logische Konsistenz innewohnte: Mit der Untersuchung des Löslichkeitsverhaltens intendiert Charlott (schließlich), Waschmittel unter den vorgelegten Substanzen zu identifizieren. Sie ist gedanklich darauf zentriert, die vorgelegten Substanzen alltagsstofflich zu interpretieren, um auf dieser Grundlage deren fachkategorische Zugehörigkeit zu bestimmen.

Während die dichotomen Attribute des Säurebegriffs noch eine gewisse operatorische Flexibilität und Anwendbarkeit gewährleisten, scheint Charlott zum Laugebegriff nur über Einzelerinnerungen - ohne Sinnbezug - zu verfügen. Die Vorstellungsentwürfe dokumentieren, dass Charlott - unabhängig vom (objektiven) Bedeutungsgehalt fachlicher Handlungserfahrungen – nur sehr eingeschränkte Aussagen zu den Fachbegriffen machen kann. Angesichts der Eigencharakteristik der vorgelegten Stoffe scheint es eher zufallsbedingt, dass Charlott überhaupt mit ihren begrifflichen Vorstellungen in der Anforderungssituation operieren kann.

Der Gedanke des (Aus-)Probierens wird noch einmal in hilfegebender Absicht aufgegriffen, um fachliche Handlungsmuster aus dem Projektkontext zu aktivieren. (Auch) Diese bewusste Akzentuierung eröffnet Charlott keinen gedanklichen Zugang zu fachlichen Operationen (vgl. Anhang C; Transkript 35-36). Im Gegenteil: Charlott knüpft an ihre geschmacklichen Eigenschaftsvorstellungen zum Säurebegriff an und schlägt als Testschema eine Geschmacksprüfung der vorgelegten Stoffe vor. Gleichzeitig kann sie sich offenbar an vereinbarte Verhaltensregulative aus der Lernsituation erinnern, was faktisch die Unbrauchbarkeit ihres Lösungsvorschlags bedeutet.

Im Zusammenhang mit ihrem praktischen Untersuchungsvorschlag des Ausprobierens (vgl. Anhang C; Transkript 37-40) spricht Charlott (auch) von sich einstellenden farblichen Veränderungen. Da es ihr aber offensichtlich nicht gelingt, die fragmentarischen Erinnerungen in der aktuellen Handlungssituation zu einem sinnvollen, in sich schlüssigen Zusammenhang zu bringen, beharrt Charlott auf der vertrauten Auffassung der geschmacklichen Überprüfung (vgl. Anhang C; Transkript 41-42).

Dennoch ist an dieser Stelle die Aufgabenbearbeitung nicht abgebrochen, sondern dem Lösungsvorschlag von Charlott nachgegangen worden. Dies zum einen deshalb, weil Charlott (möglicherweise) durch das praktische Handeln doch noch ein sachgerechtes Handlungsschema zu generieren weiß und dieses für die Aufgabenbearbeitung nutzbar machen kann. Zum anderen auch deswegen, um die subjektive Konsistenz von Charlotts Bedeutungsentwurf zu überprüfen.

Die bewusste Hinzugabe von Wasser vermittelt den Eindruck, als sei das beobachtbare Löslichkeitsverhalten für Charlotts Aussagen von Bedeutung und gleichzeitig interessant. Auf

jeden Fall schlussfolgert Charlott aufgrund des Löslichkeitsverhaltens, dass es sich bei Substanz A um Zucker und damit auch um eine Säure handelt, weil „Säure süß und sauer ist“ (Anhang C; Transkript 52). Dabei fällt auf, dass Charlott die vorgelegten Substanzen nicht identitätslos als (unterschiedliche) weiße Pulver betrachtet. Sie ist nur in der Lage, über die Fachkonzepte konkret nachzudenken, indem sie die Substanzen als (ihr bekannte) Alltagsstoffe behandelt.

Mit Rückgriff auf die Leitfrage gibt Charlott zu verstehen, zum Laugebegriff keine (inhaltsbezogenen) Vorstellungen entwickeln zu können (vgl. Anhang C; Transkript 75-76). Im Vergleich zum Säurebegriff kann also eine subjektive Unbestimmtheit des Laugebegriffs registriert werden, was nachhaltig verdeutlicht, welch eingeschränkte Vorstellungen und Möglichkeiten Charlott für die Aufgabenbearbeitung zur Verfügung stehen. In dem nur der Säurebegriff von Charlott durch geschmackliche Qualitäten kodiert ist und auch durch praktische Versuchshandlungen keine fachlich-adäquaten Operationsvorstellungen angestoßen werden, kann die Problemstellung nicht erfolgreich bearbeitet werden.

Spontan und unerwartet – ein plötzliches Verstehen andeutend – spricht Charlott abschließend von der Nachweismöglichkeit mit Indikatorpapier (Anhang C; Transkript 104):

Charlott: „Ach, genau! Wir hatten ja das mal probiert, mit Lauge oder Säure. Hat man so ein Bändchen rein gesteckt, und wenn es blau wurde, dann war es Lauge oder Säure. Und wenn es dunkelblau, war es vielleicht Säure oder so. [...] Man muss nur wissen, was, hmmh, Säure und Lauge für eine Farbe hat.“

Der Schein trügt allerdings. Charlott kann ihre Assoziation nicht zu einem fachlich-sachlichem Verstehenskonstrukt zusammenfügen. Gleichzeitig fällt die persönliche Distanz in Charlotts Aussage auf, indem nur Erinnerungen an zurückliegende Tätigkeiten fragmentarisch aufgezählt werden. Es verwundert daher nicht, dass Charlott ihre mentalen Vorstellungsbilder nicht in einen neuen praktischen Handlungsansatz münden lässt. Sie kann zwar farbliche Eindrücke in der methodischen Anforderungssituation mental repräsentieren, deren (unterschiedlichen) Bedeutungsgehalt jedoch nicht mittransportieren. Zudem sind ihre Äußerungen mit einer gewissen Form der Sinn- und Belanglosigkeit hinterlegt. Charlotts Gedanken sind eher spontan generiert und auf undifferenzierte Repräsentationskonstrukte aus dem Projektkontext zurückzuführen. Die Aufgabenbearbeitung wurde daher an dieser Stelle beendet.

8.1.5 Zusammenfassung Charlott

Insgesamt ergibt sich bei Charlott vor dem Hintergrund einer Verstehensdefinition, die begriffliche Strukturierungsprozesse akzentuiert, das Bild unverstandener, vermutlich auch unverarbeiteter Sacherfahrungen.

Ein operationales Begriffsverständnis spiegelt sich in Charlotts Zeichnungen zum Säure- und Laugebegriff nicht wider. Zwar werden sowohl der Säure- als auch der Laugebegriff als Konstrukte verstanden, stoffliche Objektmengen zusammenfassen. Der Säurebegriff ist dabei inhaltlich gegenüber dem Laugebegriff bestimmter – wenngleich nicht von einer in sich schlüssigen Merkmalsrelevanz geprägt. Die dargestellten Objektmengen werden auf alltagsrelevante Eigenschaftsattribute zurückgeführt, im Falle des Säurebegriffs auf den sauren bzw. süßen Geschmack. Elemente von Nachweisversuchen mit Indikatoren, die ein chemisches Begriffsverständnis spiegeln, sind für beide Begriffszeichnungen nicht von Relevanz.

Charlotts sensorisches Begriffsverständnis ist bereits aus den Attributierungen ihres Verknüpfungsbildes zu erschließen. Die Fachkonzepte Lauge und Säure sind in erster Linie durch sensorische Begriffe bestimmt – im Falle des Laugebegriffs durch die Merkmale salzig und fest. Darin werden offensichtlich – vergleichbar der Relation zwischen einer Zitrone und Zitronensäure – sprachlich bestimmte Vorstellungsmuster zum Ausdruck gebracht.

Ähnlich wie in der narrativen Interviewsituation rekonstruiert Charlott das Zusammengeben verschiedener Alltagsstoffe mit Rotkohlsaft als Mischhandlung. Ihr gelingt es dabei – im erzählenden Gespräch stärker als in der engeren Verknüpfungssituation – Vorstellungsbilder verschiedener Farbwahrnehmungen zu erinnern. Diese werden aber grundsätzlich unabhängig vom Säure- und Laugebegriff betrachtet.

Auch in der praktischen Versuchssituation, die strukturell am ehesten mit der Enkodierungssituation verglichen werden kann, lassen sich keine begrifflichen Strukturen als Ausdruck chemischen Verstehens rekonstruieren. Charlott kann lange Zeit keine fachlichen Handlungsmuster aktivieren und folglich auch keine ergebnisrelevanten Interpretationen anstellen. In Einklang mit ihren alltagsstofflichen Vorstellungsmustern sind für Charlott eher die sensorischen Handlungsschemata Schmecken und Lösen relevant.

8.2 Christopher

Der zehnjährige Christopher besucht die vierte Klasse einer Paderborner Grundschule. Er nimmt zum zweiten Mal an einer Ferienfreizeit teil. Christopher ist an schulischen Unterrichtsfächern universell interessiert, mag aber Sport und Mathematik nach eigenem Bekunden „*ganz besonders*“. Angesichts seines in den Freizeitveranstaltungen gezeigten Verhaltens überrascht es nicht, dass er die Versuchshandlungen positiv bewertet. Für ihn gehört es auch „*irgendwie dazu, darüber vorher oder nachher zu sprechen*“. Alleiniges praktisches Tätigkeitssein in chemischen Kontexten allein bietet für Christopher keine ausreichende motivationale Handlungsgrundlage. Er ist offensichtlich epistemisch interessiert, will also Sinn und Zweck praktischen Versuchshandelns kognitiv aufgearbeitet wissen.

Gleichzeitig bewertet Christopher rückblickend die Sachthematik „*manchmal auch als etwas schwer, wo man richtig überlegen*“ und „*Zusammenhänge suchen*“ musste. Aber auch für Christopher gehört die Theorie „*dann halt mit dazu*“. Diese und ähnliche Aussagen weisen darauf hin, dass Christopher die außerschulische Handlungssituation zumindest phasenweise als schulische Lernsituation erlebt hat. Das mag auch daran liegen, dass Christopher nach eigener Einschätzung in dem Projekt „*viel Neues*“ gelernt hat, dass er „*vorher noch nicht kannte und wusste*“. Auch gibt er an, aus dem Projektkontext stammende Versuche z.T. zu Hause wiederholt zu haben. Angesichts seines permanent und universell gezeigten Interesses während der Projekttage überrascht es schließlich nicht, dass Christopher „*sehr gerne*“ an zukünftigen Projekten teilnehmen möchte.

8.2.1 Strukturbildanalyse

In seinem Strukturbild hat Christopher nur zwei Begriffskarten nicht berücksichtigt: den handlungskodierenden Lösebegriff und den Begriff salzig. Dass Christopher letztgenannten nicht in einen Verknüpfungszusammenhang mit dem Laugebegriff bringt, ist ein erster Hinweis auf einen fachlichen Verstehenshintergrund.

Im oberen Drittel des Strukturbildes hat Christopher zwei kettenartige Strukturen angeordnet, deren Begriffe untereinander kaum verknüpft sind. Die relativ zahlreichen Querverbindungen innerhalb der Gesamtstruktur dokumentieren eine gewisse Beweglichkeit in Christophers

Denken. Zudem werden (fast) alle Verknüpfungen benannt, wobei zustands- bzw. eigenschaftsorientierte Relationen überwiegen.

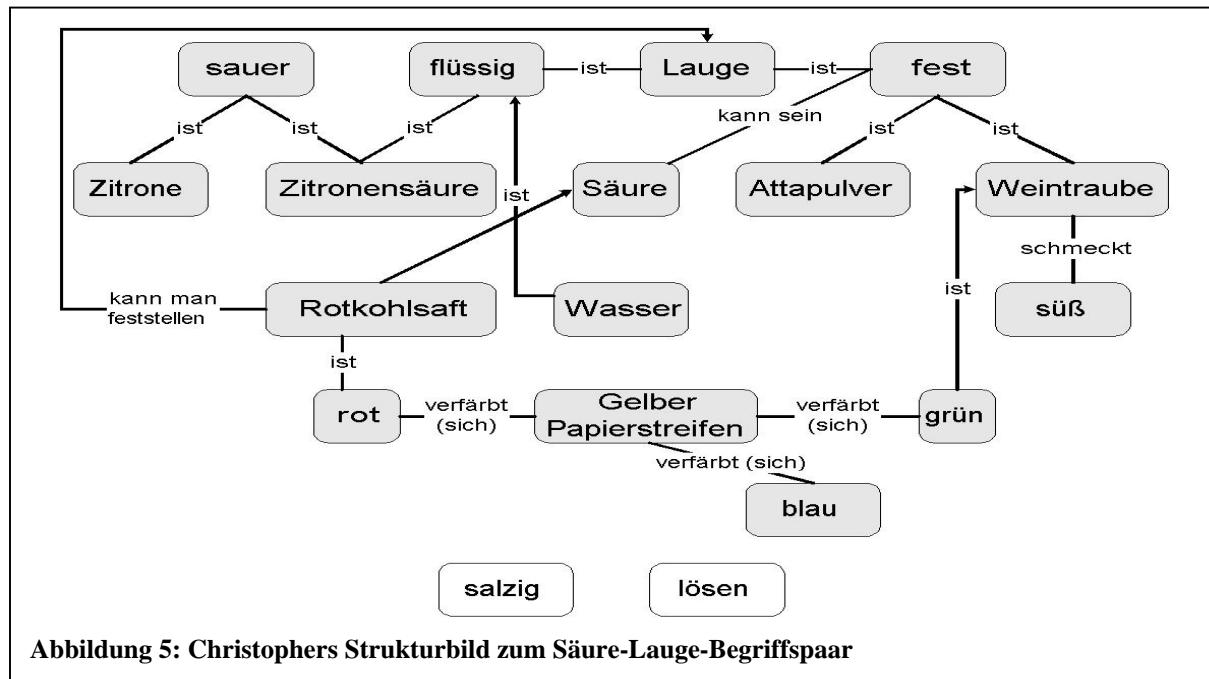


Abbildung 5: Christophers Strukturbild zum Säure-Lauge-Begriffspaar

Denkbar ist, dass Christopher an die kumulative Anordnung der Farbbegriffe um die Begriffskarte Gelber Papierstreifen auch praktische Versuchshandlungen gedanklich anbindet, um etwa auf Farbveränderungen des Indikatorpapiers als Resultat entsprechender Indikatorversuche abzuheben. Dieses formale In-Beziehung-Setzen von Begriffselementen etwa der (abstrakten) Form ‚Säure-Gelber Papierstreifen-rot‘ oder – stofflich konkreter – ‚Zitronensäure-Gelber Papierstreifen-rot‘ hätte die geistige Verfügbarkeit einer Nachweisoperation für Säuren und Laugen konkretisiert. Wichtiger noch hätten sinnbeladene Konkretisierungen Rückschlüsse auf den fachbegrifflichen Bedeutungsgehalt des Indikatorpapiers zugelassen. So bleiben an dieser Stelle Aussagen zu Christophers fachbegrifflichem Verstehen eher vage. Darüber hinaus hat Christopher in seinem Verknüpfungsbild die Farbbegriffe auch in fachlich unbedeutenden, z.T. objektiv nicht zutreffenden Aussagen wie z.B. ‚Rotkohlsaft ist rot‘ eingebunden.

Ein anderes Verknüpfungsverhalten zeigt Christopher gegenüber der Begriffskarte Rotkohlsaft. Unter funktionalem Aspekt stellt Christopher abstrakte Relationen zu den Fachkonzepten Säure und Lauge her. Christopher hat offenbar mental konserviert, dass mit Hilfe von Rotkohlsaft ein saurer bzw. basisch reagierender Stoff identifiziert werden kann – wenngleich die konkreten Umschlagsfarben als Entscheidungsgrundlage nicht mitverknüpft worden sind. Anzunehmen ist, dass Christopher diese Nachweifunktion auch auf den

Säurebegriff zu übertragen weiß, auch wenn dies nicht explizit aus seinem Strukturbild hervorgeht.

Während Christopher im Zusammenhang mit Universalindikatorpapier nur farbliche Umschlagsphänomene erinnern kann, bindet er den flüssigen Indikator in fachlich-rudimentäre Handlungszusammenhänge ein. Die praktisch-funktionale Handlungskennzeichnung ist allerdings nicht ausreichend, um ein anwendungsfähiges Handlungs- und Begriffswissen daraus ableiten zu können. Dafür fehlen Verknüpfungsrelationen etwa der Form ‚Rotkohlsaft-Säure-rot‘ o.ä.. Die Tatsache, dass Christopher Umschlagsphänomene und Nachweisfunktionen in seinem Strukturbild getrennt voneinander behandelt, ist ein Hinweis für ein fragmentarisches Verständnis der fachspezifischen Identifizierung von Säuren und Laugen. Beide betrachteten Verknüpfungssegmente machen eine Untersuchungssituation geradezu notwendig, in der Christopher keine lexikalischen Einheiten in Beziehung zu setzen, sondern im praktischen Umgang mit Stoffen sein Verständnis offen zu legen hat (vgl. Kap. 8.2.4).

Desweiteren sind in Christophers Strukturbild Verknüpfungsbeziehungen zu erkennen, die (eher) Ausdruck eines stofflichen Alltagswissens sind. Derartige Beziehungen betreffen im vorliegenden Fall z.B. die Angabe sensorischer Wirkungen einer Weintraube oder des Haushaltsreinigers Attapulver. (Fach-)Kontextuelle Aussagen sind für Christopher erkennbar ohne Bedeutung. So werden etwa die Alltagsobjekte Weintraube oder Attapulver nicht durch eine Eigenschafts- oder Bestandteilsrelation mit den Fachkonzepten Säure bzw. Lauge in Beziehung gesetzt (z. B. in der Form ‚Weintraube enthält Säure‘). Gleiches gilt für die mit besonderer Valenz beladene Zitrone. Hier werden zwei (denkbare) Verknüpfungsbeziehungen – zu den Begriffskarten Zitronensäure bzw. auf der Oberbegriffsebene zu Säure – von Christopher nicht realisiert.

Während die Attributierung der Fachkonzepte als Bestandteil oder Eigenschaft ausgewählter Alltagsstoffe ausbleibt, verleiht Christopher dagegen seinen Eigenschaftsvorstellungen von Säuren und Laugen Ausdruck. Im Hinblick auf konsistenzbezogene Betrachtungen ist er der Meinung, Laugen könnten fest und flüssig sein. Diese Kennzeichnung ist abstrakt und für Christopher offensichtlich bedeutsamer als etwa die spezifische Verknüpfung zwischen Lauge und Attapulver. Er verbindet mit dem Begriff Lauge substanzhaft-materielle Vorstellungen, ohne diese an ein spezifisches Alltagsprodukt anzuhängen. Ein ähnliches Bild offenbart

Christopher gegenüber dem Säurebegriff, mit dem er zunächst die Vorstellung an eine feste Substanz in Zusammenhang bringt. Der sensorische Merkmalsbegriff sauer ist nach Christophers Vorstellungen nicht kennzeichnend für Säuren, sondern nur für den exemplarischen Vertreter Zitronensäure. Dies spricht möglicherweise für die Dominanz eines fachlichen Identifizierungsverfahrens in Christophers Verständnis.

8.2.2 Zeichnungsinterpretation

Christophers Zeichnung zum Säurebegriff spiegelt eine Szene aus dem Projektkontext wider. Er malt ausschließlich original vorgekommene Elemente und Objekte - bis auf eine Batterie.



Abbildung 6: Christophers Bild von einer Säure

Aus der begleitenden Kommentierung wird erkennbar, dass Christopher diese aufgrund aktueller Gesprächsanlässe aus dem Sachunterricht in seiner Zeichnung mit berücksichtigt (vgl. Anhang A; Transkript 20-22). Es kann von einer stark erfahrungsgeprägten Zeichnung gesprochen werden. Die ausgedehnte, zeitintensive und mit Sorgfalt betriebene Anfertigung der Zeichnung spricht für die determinierende Tendenz, einem thematisch zentrierten Vorstellungsbild Ausdruck zu verleihen. Sprunghafte Themenwechsel sind nicht zu erkennen. Christopher weiß über die zeitliche Dauer von fast 11 Minuten, was er zeichnen möchte.

Die der Zeichnung zugrundeliegenden Vorstellungen lassen zunächst Rückschlüsse auf deutliche und klare Wahrnehmungsleistungen während des Projekts zu. Diese Annahme wird

durch die Detailliertheit in Christophers Zeichnung unterstützt, die nicht nur in der Anzahl der dargestellten Objekte, sondern v.a. auch in deren differenzierter Form- und Größendarstellung zum Ausdruck kommt.

Christopher assoziiert eine Reihe unterschiedliche Objekte bzw. Stoffe mit dem Säurebegriff, was für dessen mengenbezogene Repräsentation spricht. Um Christophers semantisches Verstehen zu rekonstruieren, gilt es, von der Oberflächencharakteristik abzusehen und tiefenstrukturelle Aspekte der Zeichnung zu analysieren. Die dargestellte sachliche Vielfalt wirft zunächst die Frage nach einer inneren Struktur bzw. Geschlossenheit, letztlich nach der objektiven Angemessenheit auf, ob etwa alle Zeichnungsobjekte unter eine objektive Säurebegriffsstruktur subsumiert werden können.

Zunächst ist festzuhalten, dass nicht alle Zeichnungsobjekte Stoffe repräsentieren, die Säuren bzw. durch die Eigenschaft, eine Säure zu enthalten, gekennzeichnet sind. Dies gilt zwar für die symbolisierte Zitrusfrucht und die Batterie, nicht aber für (ein) Waschpulver. Die Darstellung verschiedener Zustandsformen eines Indikators deutet an, dass dieser zu Christophers semantischem Verständnis des Säurebegriffs gehört, möglicherweise auch in einer Handlungsbeziehung steht. Diese Annahme wird durch die verbale Kommentierung unterstützt, wonach sich Christopher daran erinnern kann, mit Indikatorpapier „den Unterschied zwischen Säure und Lauge“ (Anhang A; Transkript 31) festgestellt zu haben.

Im weiteren Verlauf seiner sprachlichen Kommentierung wird deutlich, dass für Christopher alle Zeichenobjekte Säure enthalten, also typische Begriffsbeispiele repräsentieren (vgl. Anhang A; Transkript 35-39). Das gilt auch für das rechts auf dem Bild zu erkennende Waschpulver. Im Projektkontext wurde dieser Sachverhalt explizit mit dem Ergebnis von Indikatorhandlungen begründet. Da Christopher in seiner Zeichnung ohne erkennbare Darstellung von Umschlagsphänomenen auskommt, scheint sein Verständnis des Säurebegriffs im wesentlichen stofflich anschaulich bestimmt zu sein.

Um diese naheliegende Vermutung zu untersuchen, kann die farbliche Darstellung der Zeichnungselemente Aufschluss geben. (Gerade) Die auffallende Verwendung der roten Farbe lässt – im Anschluss an die durchgeführten Nachweisversuche – eine semantische Kodierung des Säurebegriffs als möglich erscheinen. Die gelbe Farbe der dargestellten Zitrone ist dem Realobjekt nachempfunden. Die Darstellung von Mineralwasser in der

Glasschale mit Hilfe blauer Farbe geschieht aufgrund eingeengter Darstellungsmöglichkeiten (vgl. Anhang A; Transkript 47).

Die rote Farbe beim ‚Waschpulver mit Rotkohlsaft‘ kennzeichnet nach Christophers Aussage nicht das farbliche Umschlagsphänomen als säurespezifisches Merkmal, sondern ist im Sinne eines Gemisches zweier Stoffe zu verstehen (vgl. Anhang A; Transkript 50-51). Seine kommentierende Aussage zum dargestellten Universalindikatorpapier unterstützt die Annahme einer ganzheitlich-analogen Repräsentation, die seiner Zeichnung zugrunde liegt: Danach hat sich das farblich Papier verändert, „wenn man es irgendwo reingehalten hat“ (Anhang A; Transkript 65).

Ansätze fachlichen Verstehens werden (also) sichtbar, indem Christopher farbliche Veränderungen von Indikatorpapier im Zusammenhang mit dem Säurebegriff mitdenkt. Allerdings ist die sprachlich ungenaue Schilderung und die Verwendung einer Farbe, die (gerade) nicht eine saure Verbindung anzeigt, Indiz für eine nicht eindeutige Begriffsstruktur bei Christopher.

Im abschließenden Teil seiner sprachlichen Kommentierung erneuert Christopher seine Vorstellung, dass die Zeichenobjekte einen Säurebestandteil beinhalten (vgl. Anhang A; Transkript 68-69). Zugleich wird die differenzierende Vorstellung von Christopher deutlich, giftige und ungiftige Säuren zu unterscheiden. Diese Bedeutungskonstruktion kommt in seiner Zeichnung durch die essbaren Objekte (z.B. Zitrone) und nicht-essbaren Stoffe (z.B. Waschpulver, Batterie) zum Ausdruck.

Christophers Zeichnung zum Laugebegriff deutet ebenfalls eine mengenmäßige, wenngleich reduzierte Repräsentationsstruktur an. Nach einiger Zeit des Überlegens zeichnet Christopher unterschiedliche Wasch- und Reinigungsmittel, die im Projektkontext original vorgekommen sind. Seine Zeichnung dokumentiert ebenfalls eine stark wahrnehmungsdeterminierte, ganzheitlich-analoge Repräsentation des Laugebegriffs. Farbspezifische Hinweisreize im Sinne von Umschlagsphänomenen sind für Christophers Zeichnung ohne Bedeutung.

Denkbar ist grundsätzlich, dass die Verankerung der Elemente ‚Lauge‘ und ‚Wasch- und Reinigungsmittel‘ aufgrund einer reiz-reaktiven Assoziation zustande kommt. Danach externalisiert Christopher vermutlich die Bedeutung, dass bekannte Wasch- und Reinigungsmittel (häufig) einen Bestandteil enthalten, der basisch reagiert bzw. als Lauge bezeichnet werden kann. Diese Vermutung bestätigt Christopher zu einem späterem Zeitpunkt in seiner verbalen Kommentierung der Zeichnung (vgl. Anhang A; Transkript 120-122).



Abbildung 7: Christophers Bild von einer Lauge

Allein das Wissen um den objektiv zutreffenden Sachverhalt spiegelt jedoch kein fachliches Verstehen wider, das ja in erster Linie durch die Kenntnis gegeben ist, wie dieses Aussagenwissen zustande kommt. In dieser Hinsicht enthält Christophers Laugezeichnung keine Hinweiselemente. Sein abschließender Kommentar belegt schließlich noch einmal, dass Christopher in erster Linie Szenen und Vorgänge aus dem Projektkontext seiner Zeichnung zugrunde gelegt hat (vgl. Anhang A; Transkript 113). Die zentralen, nach Farbumschlägen ordnenden Handlungen bleiben in Christophers verbalen Rekonstruktion diffus. Dadurch verstärkt sich der Eindruck, dass Christopher in seinem verstehenden Bemühen den Laugebegriff nur stofflich-oberflächlich verankert hat. Dies ist ihm durch die Anbindung an die Stoffklasse ‚Wasch- und Reinigungsmittel‘ sinnvoll gelungen.

8.2.3 Interviewanalyse

In seinem ersten Erzählansatz bindet Christopher relativ viele Stoffe, Sachen und Gegenstände ein - ohne jedoch konkrete, zielgerichtete Handlungen darzustellen (Anhang B; Transkript 10; 22):

Christopher: „Hmmh, ja. Rotkohlsaft. Da haben wir ziemlich viel mit gemacht: Also, den brauchten wir ganz oft. Dann dieses Indikatorpapier. Damit haben wir, hmmh, Farben, ja sozusagen gemessen. Und haben geguckt, ob Säure drinne ist oder nicht. Hmmh. [...] Da hatten wir ja auch andere Sachen von. Da haben wir auch mit rum experimentiert.“

Seine sich langsam entwickelnde Darstellung dokumentiert ein orientierendes Analysieren der bereitgestellten Stoffe und Materialien. Christophers Aussagen bleiben unter inhaltlichen Gesichtspunkten zunächst wenig konkret. Im Zusammenhang mit dem bereitgestellten Indikatorpapier – das von nur sehr wenigen Kindern als solches benannt worden ist – werden Ansätze fachlichen Verstehens berührt: Aus Christophers Aussage kann eine Relation extrahiert werden, wonach Säuren als Bestandteil von - nicht weiter bezeichneten – Alltagssubstanzen ausgewiesen werden. Darüber hinaus rekonstruiert Christopher Nachweisversuche als Messhandlungen, die im Sinne eines Feststellens von Farben verstanden worden sind. Der Bedeutungsinhalt dieser Handlungsvorstellungen ist insofern einseitig, als dass Christopher deren Nachweisfunktion auf Säuren reduziert. Auf diese Weise deutet sich ein geringerer Bedeutungsgehalt des Laugebegriffs an.

Seine Erinnerungen an Versuchstätigkeiten aus dem Projektkontext kann Christopher in seinem freien Erzählansatz nur an ein allgemeines Schema ‚Experimentieren‘ anbinden. Begrifflich-operative Differenzierungen im Sinne des Identifizierens von Säuren oder Laugen, die einen ordnenden Rahmen für zugrundliegende Handlungsvorstellungen bereit stellen, werden nicht formuliert. Im Fortlauf seiner Darstellung kann Christopher zudem rekonstruieren, Rotkohlsaft zu ausgewählten Stoffen hinzugefügt und dadurch farbliche Umschlagsphänomene induziert zu haben (vgl. Anhang B; Transkript 15). Eine genauere Kennzeichnung indes bleibt aus.

Christopher ist es (auch) nicht möglich, die erwähnten Farbphänomene auszudeuten. Die Verwendung des Indikatorpapiers kann er jedoch konkretisieren und als Handlungsablauf erläutern, dem (folglich) eine Intention innewohnt (Anhang B; Transkript 27):

Christopher: „Ja, dann haben wir auch wieder die Flüssigkeit oder ein Pulver gekriegt, und, hmmh, haben dann so ein Stück von diesem Indikatorpapier da rein gehalten und, hmmh, dann hat sich das dementsprechend gefärbt. Und dann konnten wir daran sehen, ob es eine Säure war oder eine Lauge. [...]“

Auch wenn Christophers Erläuterungen nicht detailliert und erst über mehrere Erzählansätze vermittelt sind: Grundsätzlich deutet sich in seinem sprachlich vermittelten Denken ein Verständnis für die fachliche operationale Bedeutungsstruktur des Säure- und Laugebegriffs an. Zweifel an einem assimilatorisch anwendbaren Handlungs- und Begriffswissen kommen auf, als Christopher keinen Handlungsvorschlag macht, wie die in der Interviewsituation bereitgehaltenen Stoffe hinsichtlich ihres sauren oder basischen Charakters untersucht werden könnten. Diese Zweifel verstärken sich, als Christopher konkret zu Eigenschaften von Säuren und Laugen befragt wird. Dabei sind seine Vorstellungen zum Säurebegriff von größerer Überzeugung und Bewusstheit getragen als seine Äußerungen zum Laugebegriff (Anhang B; Transkript 41).

Christopher: „Ja. Also bei der Säure ist es so. Die kann manchmal gefährlich sein. Es gibt ja auch dann, eh, Chemikalien und da ist dann manchmal auch, eh, Säure drin, wie bei Putzmittel. Das dann, eh, irgendwas gelöst werden kann. Also damit man was sauber machen kann. Und bei Laugen war es so, die können, glaube ich, nicht giftig sein. Aber ich weiß es auch nicht mehr ganz genau. [...]“

Es wird deutlich, dass Christopher ein Putzmittel nicht aufgrund dessen farbspezifischen Reaktionsverhaltens als begriffsrelevant kodiert, sondern weil vielmehr die ätzend-aggressive Eigenschaft einer Säure zur Reinigungswirkung passt. Aufgrund seines zirkulären Denkverhaltens subsumiert Christopher folgerichtig sowohl sauer als auch basisch reagierende Reinigungsmittel (Seife, Attapulver und Clinair) unter den Säurebegriff (vgl. Anhang B; Transkript 63). Reinigungsstoffe sind also die stoffspezifischen Konzepte, die die Anwendung als Systematik beinhalten bzw. ermöglichen.

Festzuhalten bleibt, dass Christophers sprachlich vermitteltes Denkverhalten deutlicher Beleg für sein Bemühen um situatives Verstehen ist. Dies zeigt sich auch in der Rekonstruktion des Sachverhalts, dass Weintrauben – trotz ihres süßen Geschmacks – Säuren enthalten (Anhang B; Transkript 43):

Christopher: „Ja, also, eh. Säure, da sagt man ja eigentlich ist sauer. Und, hmmh, dann haben wir aber gesagt, die Weintrauben hatten wir ja auch zu der Gruppe, wo wir Säure zu gesagt hatten, geordnet. Aber dann haben wir ja gesagt, als wir sie gegessen haben, dass sie gar nicht sauer schmecken. Und, hmmh, dann haben wir da darüber gesprochen, dass es dann auch, hmmh, manchmal auch nicht sauer sein kann.“

In der aktuellen Handlungssituation ist es für Christopher jedoch sinnvoll, den aufgezeigten geschmacklichen Konflikt damit aufzulösen, dass er vertraute Klassifikationsmuster erweitert und nicht – unabhängig von sensorischen Qualitäten – den farbspezifischen Nachweis mit Hilfe eines Indikators als (säurerelevantes) Aussagenkriterium heranzieht. Christopher kann zwar den Oberbegriff Säure von exemplarischen Vertretern wie Zitronen- oder Salzsäure abheben (vgl. Anhang B; Transkript 65). Für deren Substanzklassenzugehörigkeit indes ist nach seinen Aussagen maßgeblich, dass „Säuren meistens flüssig“ (Anhang B; Transkript 69) sind – und eben nicht das spezifische Reaktionsverhalten in Indikatorversuchszusammenhängen.

8.2.4 Problemlösendes Verhalten

Die wahrnehmbaren Eigenschaften der vorgelegten Stoffe verleiten Christopher nicht zu einer vorschnellen, oberflächlichen Aufgabenbearbeitung. Er gibt vielmehr zu erkennen, dass fachbegriffliche Aussagen an spezifische Handlungsvollzüge zu knüpfen sind (Anhang C; Transkript 10):

Christopher: „Ja. Also, eh, müsste man testen. Das ist ja jetzt so Pulver, sozusagen. Man müsste Wasser zugeben und das Indikatorpapier benutzen.“

Sein sich anschließendes, eigentägiges Versuchshandeln vermittelt den Eindruck, als sei Christopher selbst in spannender Erwartung möglicher Veränderungen. Relativ emotionslos stellt er zunächst einen grünen Farbumschlag fest. Dessen Bedeutungsgehalt ist Christopher aber nicht klar. Zumindest interpretiert er das Umschlagsphänomen nicht (vgl. Anhang C; Transkript 30-34).

In Christophers Verhalten dokumentiert sich Verstehen nur im Sinne einer handlungsmäßigen Könnerschaft. Sein zurückhaltendes Verhalten gegenüber dem Versuchsergebnis verrät erste

Anzeichen für eine wissensmäßige Unsicherheit. Er fügt (als Folge) zu der zweiten Substanzprobe ebenfalls Wasser hinzu und stellt einen Vergleich der Löslichkeit der Stoffproben an (vgl. Anhang C; Transkript 40). Variablen wie Stoff- oder Lösungsmittelmenge werden dabei nicht berücksichtigt, so dass sich der Eindruck verstärkt, dass Christopher auf eine Versuchs-Irrtums-Strategie ausweicht.

Die (erneute) Fokussierung der Ausgangsfrage wird auch dann nicht von Christopher beantwortet, als eindeutige farbliche Hinweisreize vorliegen (vgl. Anhang C; Transkript 43-46). Obwohl er in dem aktuellen Handlungsansatz mit Indikatorpapier nicht weiter kommt, kann Christopher schließlich den sauer und basisch reagierenden Stoff identifizieren (vgl. Anhang C; Transkript 60; 76). Allerdings gelingt dies nur durch Anregungen von außen – und eher beiläufig. Christopher betrachtet vielmehr das Löslichkeitsverhalten der einzelnen Feststoffe (vgl. Anhang C; Transkript 74). Ein abschließender Wechsel des fachlichen Handlungsrahmens auf die formale Nachweismöglichkeit mit Rotkohlsaft führt bei Christopher ebenfalls zu keinem sicherem Deutungsverhalten.

8.2.5 Zusammenfassung Christopher

Es fällt auf, dass Christopher sowohl in der Zeichnungs- als auch in der Interviewsituation inhaltliche Aussagen zu Stoffen, Materialien und Handlungen dadurch generiert, dass er sich deren spezifische räumliche Anordnung in der Projektsituation ins Bewusstsein ruft. Das mag durch die äußere Umgebung beeinflusst sein, in der die Untersuchungssituationen stattfinden.

Aus Christophers Strukturbildanalyse ist v.a. die funktionale Bedeutungsvorstellung hervorzuheben, wonach Säuren und Laugen mit Hilfe von Rotkohlsaft festgestellt werden können. Ein fachliches Identifizierungsschema ist ihm bedeutsamer als der Nachweis über sensorische Qualitäten.

Daran hält Christopher auch in der Interviewsituation fest, ohne jedoch eindeutige Deutungsaussagen zu spezifischen Farbphänomenen treffen zu können. Dies gelingt ihm auch in der praktischen Problemsituation nicht.

Sein dabei gezeigtes Verhalten dokumentiert eine praktische Handlungs-, aber keine sichere Deutungskompetenz. Zwar lässt er sich nicht durch perzeptuelle Merkmale der vorgelegten

Substanzen zu vorschnellen, unreflektierten Aussagen verleiten. Christopher scheint also verstanden zu haben, wie die Aufgabenstellung prinzipiell zu bearbeiten ist. Das notwendige semantische Wissen, um experimentell herbeigeführte Phänomene zu interpretieren, hat Christopher offensichtlich nicht erworben. Zumindest kann er dieses Detailwissen in keiner der methodischen Untersuchungssituationen (sicher) abrufen.

Grundsätzlich wird bei Christopher das Denkmuster erkennbar, wonach er sich eine saure und basische Verbindung als Bestandteil von Alltagsstoffen vorstellen kann. Aus Christophers Zeichnung wird darüber hinaus deutlich, dass er den Säure- und Laugebegriff durch eine mengenmäßige, nicht-analytische Begriffsstruktur repräsentiert.

Da Christopher farbliche Veränderungen von Indikatorpapier im Zusammenhang mit dem Säurebegriff mitdenkt, werden Ansätze fachbegrifflichen Verstehens transparent. Für den Laugebegriff dagegen ist ein Farbumschlag als abstraktes Merkmal semantisch ohne Belang.

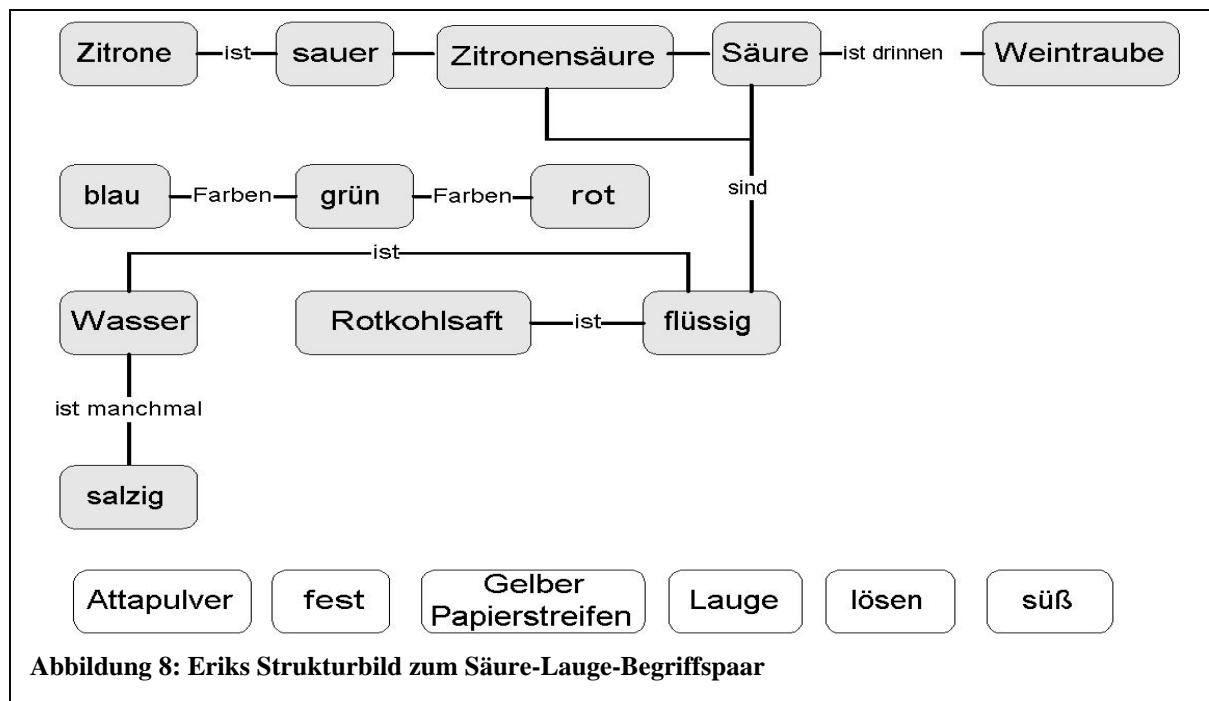
8.3 Erik

Der 10-jährige Erik besucht die vierte Klasse einer Grundschule in einer nahe Paderborn gelegenen Kleinstadt. Er nimmt zum zweiten Mal an einer Ferienfreizeit teil. Erik gibt mehrfach in den Nachsitzungen an, dass ihm das „*Versuche machen Spaß gemacht*“ habe. Aber auch Instruktions- und Auswertungsphasen innerhalb des Projekts hält er für wichtig („*Das war notwendig. Weil vorher wussten wir ja noch gar nichts*“). Diese werden von ihm auch emotional positiv bewertet. Da Erik nach eigenen Aussagen „*eigentlich noch nie Chemie gemacht hat*“, schätzt er seinen Lernzuwachs hoch ein.

Unabhängig davon, ob sich seine Einschätzung des kognitiven Ertrags auch verobjektivieren lässt, bleibt festzuhalten: Erik kommt – rückblickend – zu einem positivem Gesamurteil, aus dem die subjektive Bedeutsamkeit von Handlungserfahrungen hervorgeht, die er während des Freizeitprojekts gemacht hat. In diesem Zusammenhang gibt er an, seinen Mitschülern in der Schule von seinen chemischen Ferienerlebnissen erzählt zu haben – was diese offenbar neugierig gemacht hat („*Die haben gesagt: Wenn wir nicht so weit fahren müssten, wären wir da auch immer hingegangen*“). Seine positiven Erlebnisse haben zwar nicht dazu geführt, dass er zu Hause selbst noch einmal Versuche aus dem Projektkontext wiederholt hat. Dennoch möchte er gerne erneut an einem Kinderfreizeitprojekt teilnehmen.

8.3.1 Strukturbildanalyse

Der Gesamteindruck seines Bildes vermittelt einen geordneten Eindruck: Es lassen sich drei Reihengruppierungen ausmachen, deren Elemente durch Einfachverknüpfungen miteinander verbunden sind. Von den insgesamt 18 Karten hat Erik sechs aussortiert, also als strukturell zusammenhangslos und ohne kontextuelle Bedeutung eingeschätzt. Dies trifft auch für den (zentralen) Laugebegriff zu. Handlungs- bzw. Operationsbegriffe wie nachweisen, prüfen oder testen, die Intention und fachlichen Bedeutungsgehalt von Versuchshandlungen reflektieren, werden von Erik nicht formuliert. Da die sprachlich-symbolischen Bezeichnungen nicht durch handlungskodierende Begriffe miteinander in Beziehung gesetzt werden, akzentuiert Eriks Bild in erster Linie abstrakt-statische Merkmals- bzw. Eigenschaftsaussagen.



Eine erste, auf Alltagserfahrungen beruhende Verknüpfung gibt die geschmackliche Qualität einer Zitrone an. Im Gegensatz zu dieser bekannten Sinneserfahrung bleiben die Relationen zwischen sauer, Zitronensäure und dem Säurebegriff unbestimmt. Die Nicht-Benennung der Verknüpfungen lassen nur Vermutungen über deren semantischen Gehalt zu. Möglichkeiten zu deren Bestimmung bestehen in der Rekonstruktion aus Querverknüpfungen: Die (chemische) Oberbegriffs-Unterbegriffsrelation zwischen Säure und Zitronensäure ist Erik nicht bewußt, beiden jedoch die Eigenschaft flüssig gemeinsam.

Es kann angenommen werden, dass Erik Zitronensäure und Zitronensaft gedanklich gleichbehandelt. Die generalisierende Aussage des flüssigen Charakters einer Säure unterstützt auf diese Weise die Rekonstruktion des Sachverhalts, dass auch Weintrauben Säure enthalten – im Sinne von Weintraubensaft. Dieser auf Indikatorhandlungen zurückzuführende Sachverhalt wird von Erik darüber erschlossen, dass er Zitronensäure mit Zitronensaft gleichsetzt und auf diese Weise mit vertrauten, konsistenzbezogenen Stoffcharakteristika operieren kann. Durch seinen transdeduktiven Schluss überträgt Erik eine oberflächliche Stoffeigenschaft (flüssig) schlussfolgernd auf den Säurebegriff.

Trotz nicht aktivierbarer Vorstellungen von Nachweishandlungen kann Erik auf diese Weise dem Wort Säure eine Bedeutung zuschreiben. Zwar zieht er sensorische Oberflächenmerkmale (z.B. Farbe, Konsistenz) nicht als ordnungsstiftende Kriterien heran. Doch letztlich sind seine Vorstellungen zum Säurebegriff auf sinnlich-wahrnehmbaren (Stoff-

)Qualitäten fundiert. In dieses Schema passt auch die semantische Distanz, die zwischen den unverbundenen Konzeptkarten sauer und Weintraube liegt. Schließlich machte deren Verknüpfung aus Alltagserfahrungen heraus wenig Sinn. Die Gruppierung der Farbbegriffe unterstützt dieses Interpretationsmuster. Erik negiert durch deren Subsumierung unter den Oberbegriff ‚Farben‘ die symbolische Aussagekraft in Nachweisversuchen mit Indikatoren.

Vor dem Hintergrund seines stofflich-anschaulichen Deutungsverhaltens ist es bezeichnend, dass Erik Wasser und Rotkohlsalat durch die sinnlich begründete Eigenschaft des Flüssig-Seins verbindet. Eine (auf-)lösende Funktion des Wassers im Hinblick auf Nachweisversuche mit Indikatorpapier und dessen funktioneller Bedeutungsgehalt wird von Erik nicht formuliert. Für Eriks Strukturbild ist es besonders kennzeichnend, fachlich-operationale Bedeutungszusammenhänge auszublenden.

8.3.2 Zeichnungsinterpretation

Es vergeht einige Zeit, bis Erik zu zeichnen beginnt. Von einer spontanen Assoziation oder einem direkten Abruf von Gedächtnisinhalten kann demnach nicht gesprochen werden. Er setzt vielmehr die Aufgabenstellung und in diesem Zusammenhang gegebene Instruktionshilfen intensiv um: Sein Verhalten passt sich damit gut in das Bild ein, dass man als inneres Konstruieren eines Vorstellungsbildes beschreiben kann. Der geistige Bildentwurf wird von Erik schließlich in die Darstellung dreier Alltagsstoffe transformiert.

Als erstes Zeichenelement malt Erik eine Zitrone. Die beiden weiteren Zeichnungsobjekte – Weintrauben und Orangensaft – bilden eine Einheit mit der dargestellten Zitrusfrucht. Die dargestellten Objekte sind nach Aussage Eriks durch eine Eigenschaftsrelation mit dem chemischen Fachbegriff verbunden: Sie beinhalten (eine) Säure (vgl. Anhang A; Transkript 8).



Abbildung 9: Eriks Bild von einer Säure

Darin kommt zum Ausdruck, was mit (objektivierbaren) Erfahrungen aus dem Projektkontext korrespondiert: Eine Vielzahl von aus dem Alltag bekannten Stoffen können (eine) Säure enthalten. In seiner zeichnerischen Darstellung berücksichtigt Erik jedoch keine Elemente, die im Sinne fachlicher Nachweishandlungen die Auswahl der dargestellten Alltagsstoffe begründeten, somit Rückschlüsse auf eine chemische Begriffskennzeichnung zuließen.

Die alleinige Darstellung repräsentativer Säurevertreter zeigt, dass Erik abstrakte, ordnungsstiftende Indikatorhandlungen nicht mitdenkt. Seine Zeichnung ist (dadurch) anschaulich, also von geringem Abstraktionsgrad. Offenbar haben nur die anschaulichen Stoffe Gedächtnisspuren hinterlassen, ohne dabei eine innere Ordnung auf der Grundlage fachlich-kodierter Tätigkeiten aufzuweisen. Es kann spekuliert werden, ob Erik sensorische Eigenschaften der dargestellten Objekte als Eigenschaften sauer reagierender Stoffe betrachtet. Die begleitenden Kommentare lassen indes eine weitere begriffliche Merkmalszuschreibung erkennen, die Aufschluss über die Kohärenz von Eriks Konzeptvorstellungen gibt (vgl. Anhang A; Transkript 16).

Danach würde Erik als weiteres Element der Zeichnung (ein) Waschpulver hinzufügen. Seine Eigenschaftsvorstellung wird insofern erweitert, als dass die (angeblich) in Waschpulver enthaltene Säure giftig ist. Abgesehen von dem (tatsächlichen) basischen Charakter der meisten Waschmittel wird auf diese Weise die kognitive Operation transparent, wonach Erik augenscheinlich (sensorische) Wirkungen eines Alltagsstoffs auf den Säurebegriff transferiert.

Daraus resultiert die subjektive Klassifizierung von Säuren als giftige bzw. nicht-giftige Substanzen.

Anzunehmen ist, dass die kategoriale Einteilung mit bezug auf die (Wirk)-Eigenschaften der Alltagsstoffe auf den menschlichen Organismus zustande kommt. So gesehen operiert Erik bei der inhaltlichen Auskleidung des Säurebegriffs mit bekannten Qualitäten von Stoffen des Alltags. Dass diese dichotome Klassifizierung nicht das Ergebnis einer spontanen gedanklichen Konstruktion ist, zeigt das Bemühen des Jungen, weitere stoffliche Elemente aus dem Projektkontext abzurufen (vgl. Anhang A; Transkript 17-20). Seine Vorstellungen erweisen sich dabei allerdings nicht als sicherer und zuverlässiger Begriffsrahmen, was durch die unsichere Beurteilung der Reinigungsmittel Meister Propper und Creme Seife – beides Elemente aus dem Projektkontext - zum Ausdruck kommt.

Zum Laugebegriff kann Erik – auch nach mehreren äußerer Anregungen - keine Vorstellungen generieren und in einen Bildentwurf übersetzen.

8.3.3 Interviewanalyse

Die offene Aufgabeninstruktion wird von Erik mit funktionalen Vorstellungen verbunden (vgl. Anhang B; Transkript 11-13). Die anschauliche Objektvorlage führt eher zu versuchspraktischen Erinnerungen als dies bei der Vorgabe sprachlicher Symbole (vgl. Kap. 8.3.1) der Fall gewesen ist. Es werden zunächst allerdings keine Bedeutungsmuster transparent, die auf fachbegriffliche Strukturen schließen lassen (Anhang B; Transkript 14):

Erik: „*Den Rotkohlsaft haben wir immer in so ein Glas gemacht. Und mit diesem Papier konnten wir, konnten wir das, so ein, mit irgend so einem, mit irgend einem Mittel, und dann wurde da eine Farbe raus, und dann konnten wir gucken, ob das hell oder dunkel wird.*“

Die Funktion bzw. Bedeutung des Indikators korrespondiert in der rekonstruktiven Darstellung nicht mit fachlichen Bedeutungen. Zwar nennt Erik Farbveränderungen im Zusammenhang mit Universalindikatorpapier. Allerdings werden diese weder konkretisiert, noch hinsichtlich ihrer bedeutungstragenden Funktion interpretiert. Statt dessen vergleicht Erik farbliche Intensitäten hinsichtlich ihrer Helligkeitsausprägung. Damit verweist er (möglicherweise) auf eine in der Projektsituation realisierte Tätigkeit, die allenfalls als

Begleiterscheinung nachgeschalteter Prozesse des Ordnens, Verallgemeinerungs- und Abstrahierens angesehen werden kann. Darüber hinaus überrascht die Einbindung des Indikatorpapiers insofern, als dass Erik in den bisherigen Darstellungen diesen Gegenstand nicht berücksichtigt hat.

Erik erweitert im Fortlauf seine Konstruktion zur Verwendung des Indikatorpapiers und erinnert sich zudem an einen stofflichen Sortierungsprozess aus dem Projektkontext (vgl. Anhang B; Transkript 18). Allerdings bleibt diese Konkretisierung ohne erkennbare Zielgerichtetetheit. Die unstrukturierte, sprachlich ungenaue Darstellung sowie die sachliche Unangemessenheit verstärken den Eindruck einer lückenhaften, bedeutungsarmen Wissensstruktur, mit der Erik in der Anforderungssituation operiert. Sein Bemühen, in den Erzählansätzen einen direkten Bezug zum Projektkontext herzustellen und aufrecht zu erhalten, ist zu erkennen. Zugleich macht seine Fixiertheit darauf aufmerksam, dass Erik die Informationen elaborativ kaum angereichert hat und in der aktuellen Anforderungssituation nicht in der Lage ist, operativ-konstruktiv zu agieren.

Dem signalisierten Ende seiner freien Darstellung folgt ein erstes Nachfragen im Hinblick auf die Sachzusammenhänge, in denen der flüssige Indikator zum Einsatz gekommen ist. Dazu kann Erik keine weiteren Ausführungen machen – auch nicht nach zwei längeren Denkpausen. Der offensichtliche Mangel an abrufbarem, bereichsspezifischem Wissen lässt eine weitere inhaltliche Ausdeutung nicht zu. Die Situation hat für Erik damit Problemcharakter, wenngleich der Zielzustand Erik nicht klar ist (Anhang B; Transkript 23-30):

Versuchsleiter: „Also, Du hast vorhin gesagt, das wir mit dem Rotkohlsaft hier etwas gemacht haben. Kannst Du das vielleicht noch ein bisschen genauer erzählen?
Erik: Hmmh.

Versuchsleiter: Ja?

Erik: Weiß ich nicht mehr genau.

Versuchsleiter: Und zu diesem gelben Papier hattest Du auch etwas gesagt. Damit haben wir auch etwas gemacht. Was war denn das?

Erik: Wir haben dieses Papier auch da reingemacht, aber-

Versuchsleiter: Worein?

Erik: In den Rotkohlsaft, aber ich weiß nicht mehr, was dann passiert ist.“

Erik entwirft auch dann keine verbalisierbaren Sachvorstellungen, als Verwendungszusammenhänge des Indikatorpapiers im Interview fokussiert werden. Zwar kann er sich an das Mischen der Alltagsprodukte mit Rotkohlsaft erinnern. Umschlagsphänomene treten nach seiner Ansicht allerdings nur bei gleichzeitiger Anwendung von Rotkohlsaft und Indikatorpapier auf.

Die Fachbegriffe, die abschließend im konkreten Interviewzusammenhang als abrufunterstützende Signalwörter genannt werden (vgl. Anhang B; Transkript 39-43), eröffnen ebenfalls keinen Zugang zu begrifflichen Gedächtnismustern. Deren fachliche Bedeutungsstruktur gibt offensichtlich keinen Bezugsrahmen her, in den Erik die geschilderten Handlungsfragmente einordnen könnte. Einzig stoffkonstitutionelle Merkmale (vgl. Anhang B; Transkript 44) werden im Zusammenhang mit den Fachbegriffen aktiviert, die in ihrer verallgemeinerten Form allerdings keine sicheren, tragfähigen Konzeptvorstellungen darstellen („Säure ist flüssig, „Lauge ist pulvrig“). Eriks Bedeutungszuschreibung sauer und basisch reagierender Stoffe existiert zugleich unabhängig von Nachweishandlungen.

8.3.4 Problemlösendes Verhalten

Die Aufgabenstellung hat für Erik einen schwachen Problemcharakter. Deren innere Repräsentation enthält offensichtlich die zur Beantwortung notwendigen Elemente bzw. Merkmale (Anhang C; Transkript 11-14):

Versuchsleiter: „Also, könnten diese Stoffe Säuren oder Laugen sein? [...]“

Erik: Ich glaube, Lauge.

Versuchsleiter: Und weshalb? Kann man den Stoffen das ansehen?

Erik: Hmmh, ja. Weil Säure ist meistens flüssig.“

Erik schlussfolgert aufgrund seiner Vorstellung, Säuren seien (meistens) flüssig, dass es sich bei den vorgegebenen Feststoffen um Laugen handelt. Seiner spekulativen Aussage liegt erkennbar eine konditionale Denkoperation zugrunde. Aus seinen Vermutungen über die kategoriale Zugehörigkeit der vorgelegten Stoffe kann zudem abgeleitet werden, dass Erik in seine Vorstellung zum Laugebegriff keine konstituierenden Merkmale projizieren kann. Nur der Säurebegriff ist für ihn mit einem (subjektiven) Bedeutungsgehalt hinterlegt.

Erik führt seine Aussage nur auf perzeptuelle Eigenschaften der vorgelegten Substanzen zurück. Die auf der Grundlage unmittelbar wahrnehmbarer Merkmale konstruierte Lösung klammert fachliche Operationen aus. Auch die praktische Aufgabensituation mit realen Stoffen fordert Erik also nicht auf, (Prüf-)Handlungen zu aktivieren. Dies gilt nicht nur für intendierte Handlungszusammenhänge mit einem Indikator, sondern etwa auch für ein sinnlich orientiertes Testen.

Wäre Eriks Lösungsvorschlag und den zugrundeliegenden Denkschemata stringent Folge geleistet worden, hätte an dieser Stelle die Bearbeitung der Aufgabenstellung beendet werden müssen. Dennoch wird bewusst der Versuch unternommen, die Aufgabenstellung in Zusammenhang mit Erfahrungen aus dem Freizeitprojekt zu bringen. Ein direkter, auf eine praktische (Probier-)Handlung zielender Hinweis (vgl. Anhang C; Transkript 19) führt zu einer Aktivierung fachlicher Handlungsvorstellungen. Indem Erik Nachweisversuche mit Rotkohlsaft nacherzählend wiedergibt, also in der Vergangenheit haften bleibt, kommt zugleich seine subjektiv geringe Überzeugtheit zum Ausdruck, dass diese Versuche für die aktuelle Problemsituation hilfreich sein könnten (Anhang C; Transkript 20):

Erik: „Ja. Wir haben da ja Rotkohlsaft, haben wir da ja rein gemacht, so ein bisschen und dann so gemischt.“

Schließlich gibt Erik nacheinander einige Tropfen Rotkohlsaft zu den vorgelegten Stoffen. Die dabei auftretenden Farbveränderungen werden im Anschluss zur Diskussion gestellt (Anhang C; Transkript 33-36):

Versuchsleiter: „Können wir mit diesen Farben jetzt etwas anfangen?
Erik: Wir haben, haben dieses Papier da, dieses, was sich färbt, haben wir noch genommen.
Versuchsleiter: Hmmh.
Erik: Und dann hat es eine andere Farbe angenommen.“

Die Umschlagsphänomene können von Erik (also) nicht gedeutet werden. Entscheidend ist dabei, dass nicht etwa eine falsche Phänomeninterpretation statt findet, sondern gar keine bedeutungshaltige Aussage getroffen werden kann. Möglicherweise aus diesem Bewusstsein heraus erinnert sich Erik an das Indikatorpapier als weiteres Handlungselement aus dem Säure-Lauge-Kontext. Eriks Aufmerksamkeit wird schließlich (noch einmal) auf die Farbumschläge gelenkt – im Sinne einer unterstützenden Zielanalyse (Anhang C; Transkript 41-42):

Versuchsleiter: „Kannst Du mir jetzt sagen, ob wir in den Gläsern eine Säure oder Lauge haben?“

Erik: Das hier ist glaub' ne Lauge, weil es so grünlich geworden ist.“

Es sieht schließlich so aus, als ob Erik die Repräsentationsfunktion der (Umschlags-)Farben prinzipiell verstanden hätte. Die offensichtliche Unsicherheit im Ausdruck deutet allerdings an, dass Eriks Äußerung nicht auf der Grundlage sicherer Wissensstrukturen zustande kommt (bzw. ohne Hilfestellung gar nicht zustande gekommen wäre). Er ist daher auch nicht in der Lage, die weiteren Stoffe fachlich zu identifizieren. Dies gelingt Erik auch deshalb nicht, weil seine Vorstellung, Säuren seien grundsätzlich flüssig, mit der gegebenen Untersuchungssituation konfigurieren.

8.3.5 Zusammenfassung Erik

Erik ist über alle vier methodischen Anforderungssituationen hinweg nur in der Lage, den Säurebegriff stofflich-sinnlich zu konzeptualisieren. Die Bezeichnung Lauge stellt für ihn einen im wesentlichen inhaltsleeren Begriff dar.

Fachlich operationale Aussagen zum Säure- und Laugebegriff kann Erik mit Hilfe symbolischer Manipulationen nicht rekonstruieren. Den einzigen Aspekt, den Erik in seinem Strukturbild mit dem Säurebegriff verbindet, ist die Vorstellung, dass Säuren generell flüssig sind.

In seinem Bild zum Säurebegriff kann Erik zwar den Sachverhalt rekonstruieren, dass Alltagsstoffe (eine) Säure enthalten (können). Auch schimmert in seiner Darstellung eine mengenmäßige Repräsentationsstruktur durch, ohne jedoch in sich schlüssig zu sein. Gleichzeitig fällt bei Erik der Transfer alltagsstofflicher Eigenschaften auf, um den Säurebegriff semantisch zu füllen. Er unterscheidet in diesem Zusammenhang zwischen giftigen und ungiftigen Säuren. Der Laugebegriff bleibt auch zeichnerisch unbestimmt.

In der narrativen Interviewform kann Erik den Säure- und Laugebegriff nicht konkreter bestimmen. Einzig die (anschaulichen) Eigenschaftsvorstellungen, wonach Säuren flüssig und Laugen pulvrig-fest sind, werden von ihm generiert. Elemente aus Nachweisversuchen mit Indikatoren werden fragmentarisch konstruiert, bleiben für Erik jedoch ohne Sinngehalt.

Folgerichtig kann Erik die praktische Aufgabenstellung nicht bearbeiten. Erst durch äußeren Einfluss werden Nachweishandlungen mit Indikatoren angestoßen, deren Ergebnisse Erik allerdings nicht ausdeuten kann. Verstandenes Wissen – im Sinne anwendungsfähigem Fachbegriffswissen – hat Erik nicht erworben.

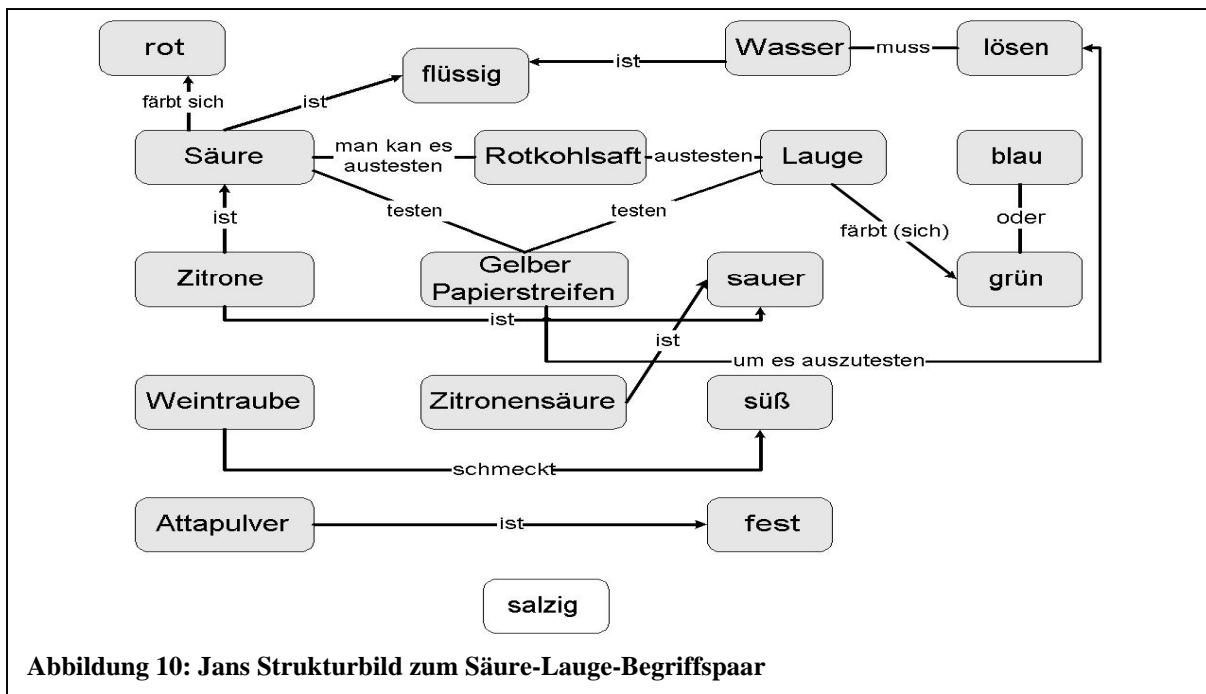
8.4 Jan

Jan besucht die sechste Klasse eines Gymnasiums, hat also seit gut einem Jahr die Grundschulzeit hinter sich. Physik und Mathematik sind nach eigenem Bekunden seine Lieblingsfächer. Aber auch am Biologieunterricht nimmt Jan gerne teil, „*weil er das einfach findet. Physik gefällt mir, weil es interessant ist*“ . Seine Hobbies stellt Jan differenziert dar; diese sind vielfältig ausgeprägt. Neben sportlich-motorischen Aktivitäten hebt Jan v.a. sozial-kommunikative Handlungen mit Freunden hervor. Langeweile in den Ferien wird als auslösendes Moment für die Projektteilnahme genannt. Ferner artikuliert Jan „*Interesse an Chemie*“, wenngleich er dies thematisch nicht konkretisiert.

Experimentelle Erfahrungen hat er nach eigenen Angaben bisher v.a. zu physikalischen Themen (Licht, Regenbogen) gesammelt und im Zusammenhang mit Experimentierkästen zu Hause gemacht. Die Versuche „*mit den Säuren und dem Rotkohlsaft*“ haben Jan – rückblickend - am besten gefallen, weil „*das einfach gut aussieht*“. Das Ausdeuten und Kommunizieren über Phänomene im Projektkontext fand er „*nicht so gut*“. Es sei zwar „*nicht schlimm, oder so. Aber ich habe halt eben lieber Versuche gemacht*“. Jan hat nach eigenen Angaben viel gelernt, da er vom Säure- und Laugebegriff „*eigentlich wenig wusste*“.

8.4.1 Strukturbildanalyse

Jans Strukturbild zur Säure-Lauge-Thematik fällt v.a. durch die (große) Anzahl an beschrifteten und verzweigten Relationsbeziehungen auf. Bis auf den Begriff salzig, der unter formalen Bedeutungsgesichtspunkten nicht sinnvoll eingebunden werden konnte, hat Jan alle weiteren Konzeptkarten verarbeiten können. Auch sind einige fachlich sekundär bedeutsame Verknüpfungen vorhanden, wie z.B. ,Weintraube schmeckt süß‘ und ,Attapulver ist fest‘. Dennoch zeigt die Analyse, dass Jan insbesondere fachlich-semantische Vorstellungen für den Strukturbildentwurf aktivieren kann.



Das wird bereits durch die relativ zentrale Positionierung der Begriffskarten Rotkohlsaft und Gelber Papierstreifen angedeutet. Beide durch Begriffskarten repräsentierten Indikatoren sind in funktional-operationale Verknüpfungen eingebunden. Jans Verstehensleistung dokumentiert sich einmal in der Verwendung des (handlungskodierenden) Verbs (aus-)testen. Zum anderen kann er diese abstrakte Funktion konkretisieren und differenzieren, indem er die spezifischen Umschlagsphänomene sauer bzw. basisch reagierender Stoffe angibt.

Jans dispositionelles Verstehen zeigt sich – auch wenn er von Färben im Sinne von Anfärben spricht – zudem darin, dass die Farbbegriffe im vorliegenden Kontext spezifisch auf Säuren und Laugen bezogen werden. Darüber hinaus kommt durch die Verknüpfungsfolge der Begriffe Gelber Papierstreifen, lösen und Wasser zum Ausdruck, dass sich Jan an konkrete Versuchszusammenhänge aus dem Projektkontext zu erinnern weiß, in denen Feststoffe mit Wasser gelöst werden mussten, um deren sauren bzw. basischen Charakter festzustellen. Jan kann also mit Hilfe symbolischer Elemente differenzierte, praktische Nachweishandlungen nachvollziehen.

Anstatt Einzelaussagen verhaftet zu bleiben, spiegeln Jans Propositionen ein begrifflich-operatorisches Verständnis, dass in praktisch-experimentellen Zusammenhängen handlungswirksam werden kann. Für diese These spricht (auch), dass Jan den Eigenschaftsbegriff sauer nicht zur Kennzeichnung der Substanzklasse Säure verwendet,

sondern nur zur Attributierung des exemplarischen Vertreters Zitronensäure. Jan hat offensichtlich verstanden, dass Säuren verlässlicherweise nur mit Hilfe von Indikatoren identifiziert werden können.

Seine Fähigkeit, auf begrifflicher Ebene einen fachlich-objektiven Bedeutungsgehalt zu rekonstruieren, ist auffallend. Unklar bleibt in Jans Strukturbild im wesentlichen nur eine Einzelsaussage: die Attributierung einer Zitrone als Säure – bei gleichzeitiger Betonung der flüssigen Konsistenz von Säuren.

8.4.2 Zeichnungsinterpretation

Jan verleiht seinen Vorstellungen zum Säurebegriff zeichnerisch nicht (etwa) dadurch Ausdruck, mehrere Alltagsstoffe konkret anschaulich darzustellen. Sein Bild vom Säurebegriff ist vielmehr durch einen hohen Abstraktionsgrad gekennzeichnet. Er stellt offensichtlich einen Nachweisversuch mit Rotkohlsaft dar: In einem Reagenzglas wird zu einer nicht näher gekennzeichneten (stofflichen) Vorlage Rotkohlsaft hinzugegeben. Als Folge davon wird ein säurespezifisches Umschlagsphänomen (rote Farbe) induziert.



Abbildung 11: Jans Bild von einer Säure

Jan malt – wie auch aus seiner begleitenden Kommentierung zu erkennen ist (vgl. Anhang A; Transkript 16) – ein Bild, wie eine sauer reagierende Substanz nachgewiesen werden kann. Da Jan die Substanz nicht näher bezeichnet, drückt er zugleich eine stoffliche Unabhängigkeit seines Verständnis vom Säurebegriff aus. Es ist unbedeutend, welcher Stoff im Hinblick auf

seinen Säurecharakter zu untersuchen ist. Entscheidend und zugleich kennzeichnend ist das säurespezifische Umschlagsphänomen. In seiner Zeichnung kommt das eindringlich dadurch zum Ausdruck, dass Jan (den) Rotkohlsaft farblich anders symbolisiert als das Umschlagsphänomen im Reagenzglas.

Zusätzlich fällt auf, dass die verhältnismäßig groß dargestellte Menge an Rotkohlsaft ein Umschlagsphänomen überschaubarer Größe hervorruft. Möglicherweise stellt sich Jan auf diese Weise eine sauer reagierende Substanz als Stoffbestandteil vor. Er selbst spricht davon, dass die gelbe Substanz keine „pure Säure“ (Anhang A; Transkript 21) darstellt.

Zwar ist für Jans Verständnis essentiell, den Säurebegriff gedanklich an (praktische) Nachweisversuche mit Rotkohlsaft anzubinden. Bedeutsam ist ihm aber auch, die ätzende Eigenschaft einer Säure zeichnerisch auszudrücken. Eine fachlich-operationale Bedeutungsstruktur scheint für ihn nicht auszureichen, um den Säurebegriff semantisch zu füllen.

Jans Verständnis vom Laugebegriff wird durch das Bild der fachspezifischen Identifizierung einer basisch reagierenden Substanz repräsentiert. Auch hier zeigt sich, dass Jan aufgrund der differenzierten Darstellung in farb- und dimensionsbezogener Hinsicht den Laugebegriff operational-abstrakt repräsentiert. Einzig das dargestellte Umschlagsphänomen (blaue Farbe) entspricht im Zusammenhang mit Rotkohlsaft keinen objektiven Gegebenheiten. Entsprechend dem Versuchsarrangement wurde ein grünes Umschlagsphänomen als kritisches Attribut einer Lauge bzw. basischen Substanz eingeführt. Dieses Detailwissen, das Jan allerdings in seinem Strukturbild wiederzugeben vermochte (vgl. Kap. 8.4.2), ist im Hinblick auf ein fachlich-operationales Verständnis von sekundärer Bedeutung.

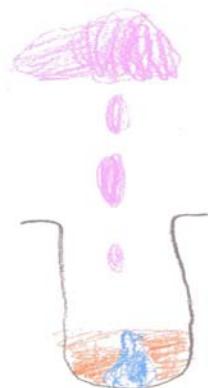


Abbildung 12: Jans Bild von einer Lauge

8.4.3 Interviewanalyse

Jan kann die einleitende Erzählaufforderung auf dem Hintergrund seiner kognitiven Struktur mit Bedeutung versehen und beantworten (Anhang B; Transkript 12):

Jan: „Ja, okay. Also Rotkohlsaft, haben wir hier, und damit konnte man testen, ob das ne' Säure oder Lauge ist. Und, hmmh, das haben wir zum Beispiel mit Clinair, also Kloreiniger ist da, Weinbrandessig, dann war da Zitronensäure, ne Zitrone, Atta gemacht. Hmmh-. Dann waren da noch, hmmh, ja halt mehrere Sachen, mit denen wir das auch noch getestet haben, Seife zum Beispiel [...].“

Jan fokussiert gleich zu Beginn sachlich zentrale Aspekte, in dem er den bereitgestellten Indikator in einen Nachweiszusammenhang stellt. In seinen Erläuterungen verzichtet Jan auf ergebnisorientierte Aussagen, d.h., seine sprachlich-verkürzte Ausdrucksweise lässt nicht erkennen, ob bzw. welche Attribute ihm zur Verfügung stehen, um die Handlung des Testens im Hinblick auf saure bzw. basische Verbindungen zu konkretisieren. Dies geschieht jedoch auf ein erstes Nachfragen hin (Anhang B; Transkript 14):

Jan: „Ja, also. Wir haben, hmmh, ein Gefäß genommen, also so ein kleines Glas, und dann haben wir da zum Beispiel Kloreiniger rein getan. Und dann haben wir da [...] Rotkohlsaft rein getan,

und dann hat sich das gefärbt. Entweder rot, oder blau. Und wenn's rötlich gefärbt wird, dann war's ne Säure. Und wenn nicht, dann war's ne Lauge. [...]“

Dass Jan Nachweisversuche mit Rotkohlsaft im Hinblick auf deren fachbegrifflichen Aussagengehalt rekonstruieren kann, dokumentiert seine kausale Wenn-dann-Aussage, wenngleich das bläuliche Umschlagsphänomen keine Lauge bzw. einen basischen Stoffbestandteil im Zusammenhang mit Rotkohlsaft anzeigt. Zugleich hat Jan den operationalen Bedeutungsgehalt des Säure-Lauge-Begriffspaares relativ funktional-mechanistisch verinnerlicht, was im Fragezusammenhang nach Eigenschaften von Säuren und Laugen deutlich wird (vgl. Anhang B; Transkript 15-16). Während er den Laugebegriff semantisch weiter nicht ausfüllt, ist der Säurebegriff (erneut) an eine ätzend-aggressive Eigenschaftsvorstellung gebunden. Es macht den Anschein, als habe Jan die Identifizierungsmöglichkeit von Säuren (und Laugen) verstanden. Ein reflektierteres Verständnis über Eigenschaften von Säuren und Laugen ist aber nicht angebahnt worden. Ansonsten wäre Jan aufgefallen, dass eben auch in diversen Nahrungsmitteln Säure nachgewiesen werden konnte, etwa in Weintrauben und Fruchtsäften.

Um den Bedeutungsgehalt von Jans Säurebegriff weiter auszuschärfen und damit gleichzeitig die Relevanz einer fachlichen Semantik zu untersuchen, äußert sich Jan anschließend zu dem bereitgestellten (sauren) Haushaltsreiniger (Anhang B; Transkript 33):

Jan: „[...] Also die Säure, wenn die ein bisschen ätzend ist, dass die den Dreck dann löst, und das man's dann abwischen kann oder wegspülen kann. [...]“

Jan schlussfolgert von den Verwendungszusammenhängen des Reinigungsmittels auf das Vorhandensein einer Säure. Sein fachbegriffliches Verständnis ist im aktuellen, stofflich-anschaulich gestützten Handlungsgeschehen eher von alltagsstofflichen Eigenschaften bestimmt als durch das spezifische Reaktionsverhalten gegenüber Indikatoren.

Zwar weiß Jan, dass der vorliegende WC-Reiniger hinsichtlich eines Säurecharakters mit Rotkohlsaft zu untersuchen ist (vgl. Anhang B; Transkript 25-26). Er kommt aber im weiteren Verlauf des Interviews über erinnerte Einzelversuche mit Essig, Sauerkraut und Weintrauben nicht ins Zweifeln über die Angemessenheit seiner ätzend-aggressiven Eigenschaftsvorstellungen von Säuren.

Die Linearität seines Verständnis zur Nachweisbarkeit wird auch darin deutlich, dass Jan auf Frage nach der funktionellen Verwendung des Universalindikatorpapiers durcheinander kommt (Anhang B; Transkript 30):

Jan: „Ich glaub, damit testet man den Nitritwert. Das weiß ich aber nicht ganz genau. Das haben wir dann leicht mit Wasser verdünnt. Und dann haben wir da diese Stäbchen reingehalten. Und die haben sich dann auch verschieden gefärbt. Hmmh, Ich glaube, wenn es rot wird, dann ist sehr viel Nitrit drin oder so was. Und wenn es sich nicht färbt, ist nicht Nitrit drin oder weniger.“

Zwar kann er den Handlungsablauf zur Verwendung von Universalindikatorpapier beschreiben. Aber statt das Vorhandensein einer Säure oder Lauge auf diese Weise zu bestimmen, ist Jan - wohl in Anlehnung an Zusammenhänge mit seinem Aquarium – der Meinung, den Nitritgehalt zu bestimmen. (Formale) Handlungen zur Bestimmung des pH-Werts und des Nitritgehalts in wässrigen Lösungen sind strukturell verwandt, im Hinblick auf ihren Aussagegehalt jedoch sehr verschieden, was Jan nicht bewusst ist. Es ist offensichtlich, dass Jans Alltagswissen über dort vorkommende Testhandlungen den operationalen Bedeutungsgehalt des Säure- und Laugebegriffs – zumindest bei rekonstruktivem Zugriff – beeinflusst.

Zwar ist Jan die funktionelle Verwandtschaft von Rotkohlsaft und Universalindikatorpapier bewußt (vgl. Anhang B; Transkript 32). Dennoch zeigt sich im nächsten Gesprächsmoment eine gedankliche Diffusheit, als es um die Anwendung des Testens mit Hilfe der beiden Indikatoren geht (Anhang B; Transkript 47):

Jan: „Nur ist das halt mit dem Papier genauer, weil da steht ja auch drauf, dass sich das halt, hmmh, wenn's grün färbt, dann ist so viel Nitrit drin, oder wenn's rot färbt, ist so viel Nitrit drin. Und das denke ich mal, ist hiermit besser. [...]“

Er spricht auf einmal davon, mit Rotkohlsaft und festem Universalindikator den Nitritgehalt bestimmen zu können - mit dem Unterschied, dass die Messung mit Universalindikatorpapier genauer sei. Jans Denkverhalten dokumentiert also eine Überlagerung unterschiedlicher Testhandlungen, wobei das Nachzuweisende (Säure/Lauge – Nitrit) ohne eigenständige Bedeutung bleibt. Mit anderen Worten: Die Nachweisbarkeit eines sauer oder basisch

reagierenden Stoffes bzw. Verbindungsanteils vermittelt Jan nicht die (Sach-)Kenntnis, mit der er noch darüber hinaus etwas Sinnhaftes anfangen könnte.

Sein situatives Bemühen um Verstehen zeigt sich auch im abschließenden Teil des Interviews, als Jan die Vorstellung über die ätzende Wirkung von Säuren mit seinem Sachwissen um den positiven Säurenachweis bei Weintrauben in Einklang zu bringen versucht (Anhang B; Transkript 40):

Jan: „Ja, also. Da haben wir den Rotkohlsaft genommen und da reingetropft. Das habe ich ja eben schon erzählt. Und, hmmh, und dann konnte man feststellen, ob das ne Säure, ne Lauge war oder Nitritwert, glaube ich. Hmmh, ja, und es war halt die, hmmh, manche Sachen, die auch brennen, also wenn man sich geschnitten hat und dann Weintraubensaft oder so draufkommt, dann brennt das ja auch und ich denk mal, dann ist da Säure drinne. [...]“

Jan gibt schließlich zu verstehen, den Oberbegriff Säure von exemplarischen Substanzklassenvertretern abheben zu können (vgl. Anhang B; Transkript 44), ist sich aber (erneut) bei der ätzenden Wirkung als kennzeichnende Eigenschaft von Säuren absolut sicher (vgl. Anhang B; Transkript 47-48). Für den Laugebegriff fehlt Jan eine konkrete stoffliche Eigenschaftsvorstellung. Er ist deshalb auch nicht in der Lage, sich unter einer Lauge etwas vorzustellen (vgl. Anhang B; Transkript 53-54). Die Ergebnisse von Nachweisversuchen mit Indikatoren stellen für Jan keine eigenschaftsvermittelnden Merkmale dar, um den Laugebegriff geistig zu repräsentieren. Im Vergleich zum Laugebegriff ist der Erfahrungsbereich Säure für Jan wesentlich breiter repräsentiert.

8.4.4 Problemlösendes Verhalten²¹

Jan schlägt nach der Aufgabeninstruktion vor, Rotkohlsaft zu den vorgelegten Substanzen zu geben – aktiviert also unmittelbar fachbegriffliche Denkmuster. Im Gegensatz zu Lars, der sich in der Einführungssituation passiv verhält, kann Jan seinen Vorschlag auch handlungsgemäß konkretisieren (Anhang C; Transkript 7):

²¹ Die Aufgabe wurde von Jan und seinem Bruder Lars gleichzeitig und gemeinsam bearbeitet. Diese Konstellation stellte – neben einer wirtschaftlichen und zeitökonomischen Begründung aus Sicht der Eltern – für die Kinder die bevorzugte Sozialform im Projektkontext dar. Es folgt daher an dieser Stelle ebenfalls eine Interpretation des Problemlöseverhaltens von Lars, Jans jüngerem Bruder.

Jan: „Ja, mit dem Rotkohlsaft. Da könnte man zum Beispiel 10 Tropfen zugeben. [...] Wenn sich's rot färbt, ist das eine Säure, wenn blau oder so grünlich, oder dazwischen irgendwie, und das ist dann ne Lauge.“

Die Wahrnehmung der äußeren Struktur der vorgelegten Stoffe führt bei Jan also nicht zu einer vorschnellen Interpretation der Aufgabenstellung. Er verfügt offenbar über das Wissen, um in der Handlungssituation praktisch agieren und dabei auftretende Umschlagsphänomene interpretieren zu können. Die Verfügbarkeit aufgabenrelevanter Wissensstrukturen deutet an, dass für Jan die Situation nicht als Problem, sondern als Aufgabenstellung mental repräsentiert wird. Dies kommt auch in seiner schematischen Wenn-dann-Regel zum Ausdruck, wodurch schlussfolgernde Strukturen als zentrale Komponenten des Denkens in den Vordergrund treten (werden).

Der Versuch, Lars in die Handlungssituation mit einzubeziehen, misslingt. Seine Antwort ist von Unsicherheit geprägt. Er kann die Aussagen seines Bruders und die zugrundeliegenden geistigen Operationen nicht verifizieren (vgl. Anhang C; Transkript 8-11). Das Wissen um die praktische Durchführung von Indikatorversuchen und den dazu notwendige Materialien ist bei Jan und auch bei Lars detailliert vorhanden. Eine lösungsrelevante Aufgabenbearbeitung aufgrund wahrnehmungsgebundener Oberflächenmerkmale der vorgelegten Stoffe wird von Jan (noch einmal) vehementer bestritten als von Lars (vgl. Anhang C; Transkript 18-21). Lars schlägt nach einer längeren Pause ebenfalls einen Testversuch vor. Seine ‚Überlegung‘ kann aber auch durch Aussagen seines Bruders motiviert sein. Allerdings meint Lars keine Form der sensorischen (Test-)Überprüfung, die aufgrund der (propositionellen) Verknüpfungen seines Strukturbildes (vgl. Kap. 8.5.1) hätte erwartet werden können. Möglicherweise ist Lars Verhalten auf den interaktiven Charakter der Handlungssituation zurückzuführen, in der er bewusst vorsichtig, fast unsicher agiert.

Der von Jan formulierte Vorschlag zur Bearbeitung der Aufgabe wird schließlich versuchspraktisch umgesetzt. Wie aufgrund des bisherigen Verlaufs erwartet werden konnte, kann Lars das säurespezifische Umschlagsphänomen als solches nicht interpretieren (vgl. Anhang C; Transkript 23). Jan hingegen verfügt über das differenzierte Sachwissen, um den sauer reagierenden Stoff „auf jeden Fall als Säure“ (Anhang C; Transkript 25) zu identifizieren. Entsprechendes gilt für den basisch reagierenden Stoff, wobei sich Lars auch hier nur Aussagen seines Bruders Jan anzuschließen weiß (vgl. Anhang C; Transkript 28). Er selbst kann das Farbphänomen nicht (aus-)deuten.

Die ausbleibende farbliche Veränderung beim neutral reagierenden Kochsalz verunsichert Lars und Jan. Beide interpretieren den ‚Farbumschlag‘ unterschiedlich: Lars sieht darin das (An-)Zeichen für eine Säure (vgl. Anhang C; Transkript 36), Jan – auch wenn nicht vollends überzeugt – eher ein Indiz für eine Lauge (vgl. Anhang C; Transkript 34). Beide sind offensichtlich der Überzeugung, dass sich durch die Hinzugabe von Rotkohlsaft zu einer unbekannten Substanz diese – im Sinne einer (Über-)Generalisierung – auf jeden Fall als Säure oder Lauge identifizieren lässt.

Nur so ist der Versuch von Jan und Lars zu erklären, dass Umschlagsphänomen bei einem neutral reagierenden Stoff den Fachbegriffen gemäß zu interpretieren. Zwar fallen Jan und Lars nicht in die Vorstellung zurück, die fachbegriffliche Relevanz durch eine Geschmacksüberprüfung zu bestimmen. Allerdings wird an dieser Stelle die Diskrepanz deutlich, die zwischen Farbumschlägen als begriffsrelevante Merkmale und deren flexible Handhabung in einer Anwendungssituation besteht.

8.4.5 Zusammenfassung Jan

Jan, der älteste Untersuchungsteilnehmer, lässt über alle vier methodischen Anforderungssituationen fachlich-operationale Begriffsstrukturen erkennen. Mit Hilfe symbolischer Elemente kann Jan (praktische) Nachweisversuche mit Indikatoren nachkonstruieren. Er sieht Handlungszusammenhänge und hebt konsistenzbezogene oder sensorische Eigenschaften nicht als klassifizierende Merkmale hervor. Er stellt zeichnerisch – als Ausdruck eines fachlich dominierten Verständnis – sowohl den Säure- als auch den Laugebegriff als (abstrakte) Stoffeigenschaft dar. Seine Zeichnungen machen deutlich, dass Jan die Fachbegriffe in ikonischen Denkzusammenhängen in fachlicher, eigenschaftsbezogener Hinsicht, losgelöst von Alltagsprodukten versteht, und gleichzeitig operationale Strukturen mitdenkt.

Im Kontext freier sprachlicher Darstellungsmöglichkeiten kann Jan ebenfalls objektiv gültige fachbegriffliche Vorstellungen generieren. Diese koexistieren allerdings mit alltäglichen Bedeutungsmustern, was eindringlich in Jans Äußerung zum Ausdruck kommt, dass Säuren (generell) ätzend seien. Säurenachweiseversuche – vorzugsweise mit essbaren Alltagsprodukten durchgeführt – führen bei Jan zu keiner Veränderung subjektiver Vorstellungsmuster über Eigenschaften von Säuren. Auf semantischer Ebene ist Jans

Säurebegriff deutlich umfangreicher repräsentiert als der Laugebegriff. Dies wird (auch) durch Jans Kenntnis von Eigennamen von Säuren deutlich. Der Aussagengehalt von Nachweisversuchen im Kontext von Säuren scheint ihm deshalb besonders einsichtig zu sein, weil er die Verwendungszusammenhänge von Alltagsprodukten wie etwa einem sauren WC-Reiniger sowohl mit einem positiven Säurenachweis als auch mit seinen Eigenschaftsvorstellungen von Säuren in Einklang bringen kann.

Für Jan hat die praktische Handlungssituation keinen Problem-, sondern Aufgabencharakter. Er weiß sofort, um was es geht. Dabei sind keine perzeptuelle Eigenschaften relevant für ihn, sondern fachspezifisches Handlungs- und dadurch transportiertes Sachwissen. Mit dem Abstand von gut einem halben Jahr zur Projektsituation fehlt ihm (aber) dennoch deutungsmächtiges Detailwissen. Er weiß zwar (noch), die Aufgabenstellung versuchspraktisch mit Hilfe von Indikatoren zu bearbeiten, lässt sich aber durch ein neutrales Umschlagsphänomen verunsichern. Es ist nicht auszuschließen, dass mit zunehmendem zeitlichen Abstand die Stabilität begrifflicher Strukturen bei Jan weiterhin abgenommen hat.

8.5 Lars

Lars - der jüngere Bruder von Jan - besucht die vierte Klasse der Grundschule in seinem Heimatdorf. Als Lieblingsfach in der Schule nennt er Mathematik, weil er das „*auch besonders gut*“ kann. Wie anderen Teilnehmern auch haben Lars besonders Versuche gefallen, theoretische Erklärungen hingegen empfand er „*ein bisschen langweilig*“. Sein Interesse an praktischen Versuchshandlungen ist auch mit seinen Freizeiterfahrungen zu begründen: Lars macht nach eigenen Angaben „*ofters zu Hause Versuche*“. Die Versuche aus dem Projektkontext waren für Lars nach eigenem Bekunden nicht so reizvoll, als dass er diese zu Hause oder mit Freunden noch einmal nachgemacht hätte.

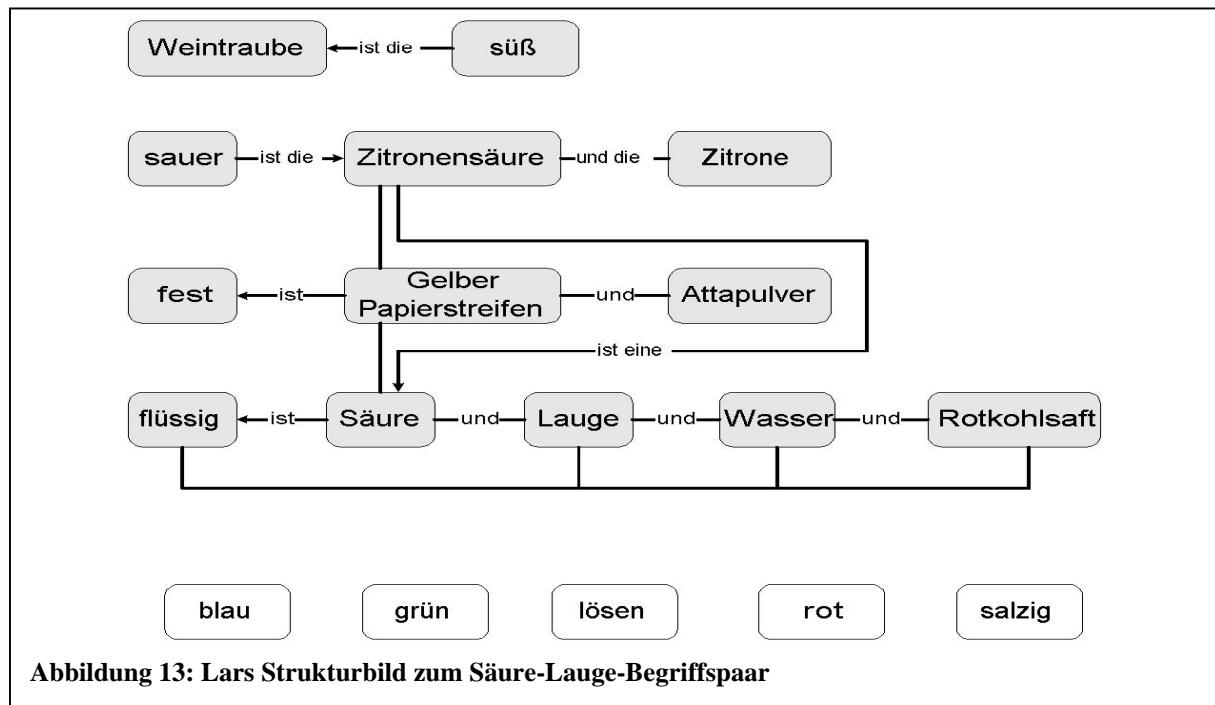
Den eigenen Lerngewinn kann Lars recht konkret angeben. Dabei hebt er insbesondere den Neuigkeitsgehalt hervor, denn er hat „*noch gar nicht so was gehört, mit Lauge und Säure*“. Es ist durchaus denkbar, dass gerade dieses Gefühl, etwas Neues zu erfahren, für Lars einen Anreiz für weitere Projektteilnahmen darstellt. Auf jeden Fall nimmt er – entsprechend seinen Äußerungen – an zwei weiteren Freizeitprojekten teil.

8.5.1 Strukturbildanalyse

Lars sortiert insgesamt fünf der 18 Begriffskarten aus. Neben dem handlungskodierenden Verb lösen, das v.a. für den Nachweiskontext mit Indikatorpapier bedeutsam ist, werden vier Merkmalsattribute von Lars nicht berücksichtigt: blau, grün, rot und salzig. Lars Strukturzeichnung ist v.a. durch ihren linear symmetrischen Charakter gekennzeichnet, wobei insgesamt vier unterschiedlich komplexe Begriffsreihen gebildet worden sind. Querverknüpfungen sind kaum vorhanden, was für eine geringe, kognitiv-operationale Beweglichkeit bei der Aufgabenbearbeitung gewertet werden kann.

Die Aussortierung der Farbbegriffe zeigt, dass Lars diese nicht als Hinweisattribute für Säuren und Laugen versteht. Gleichzeitig wird deutlich, dass fachlich zentrale, bedeutungstragende Nachweishandlungen für die Aufgabenbearbeitung nicht von Bedeutung sind. Statt dessen rückt Lars die stofflichen Konsistenzeigenschaften fest und flüssig als Gruppierungskerne in den Vordergrund. Dadurch kann er den Säure- und Laugebegriff semantisch ausfüllen.

Lars bringt v.a. stoffliche Primäreigenschaften, die sich also aus Wahrnehmungseindrücken ableiten, mit seinen strukturellen Verknüpfungen zum Ausdruck (z.B. ,Weintraube ist süß' oder auch ,Zitrone ist sauer').



Fachlich-abstrakte Beziehungen sind in seinem Strukturbild nicht von Bedeutung – ausgenommen die zwischen den Begriffen Säure und Zitronensäure ausgewiesene Verknüpfung. Diese zeigt an, dass Lars – zumindest auf sprachlich-symbolischer Ebene – eine begriffliche Hierarchisierung vornimmt. Es ist davon auszugehen, dass in Lars Verständnis Zitronensäure im Sinne von Zitronensaft (-konzentrat) semantisch belegt ist. Dadurch wird auch die Relation zum Eigenschaftsbegriff sauer erklärbar.

Den Universalindikatorpapier repräsentierenden Begriff Gelber Papierstreifen und Attapulver unter das gemeinsame Merkmal fest zu subsumieren, bedeutet (vermutlich) nicht, dass Lars nicht auch Unterschiede zwischen diesen Materialien benennen könnte. Entsprechendes gilt auch für die Assimilation der Begriffe Rotkohlsaft und Wasser an den sensorischen Begriff flüssig. Deren Gleichbehandlung in dem Strukturbild negiert aber geradezu fachliche Bedeutungsverknüpfungen, die die Indikatoren in funktionale Nachweiszusammenhänge einbinden. Auch weist keine von Lars Verknüpfungen eine Bedeutungssausage aus, woraus zu schließen wäre, dass ein sauer oder basisch reagierender Bestandteil in einem der Alltagsstoffe enthalten ist. Es wird deutlich: Für Lars sind kontextuelle Verstehensziele in der aktuellen Handlungssituation nicht von Bedeutung.

8.5.2 Zeichnungsinterpretation

Lars setzt die Aufgabenstellung zum Säurebegriff rasch um. Ihm stehen also rasch subjektiv bedeutungstragende Vorstellungen zur Verfügung.

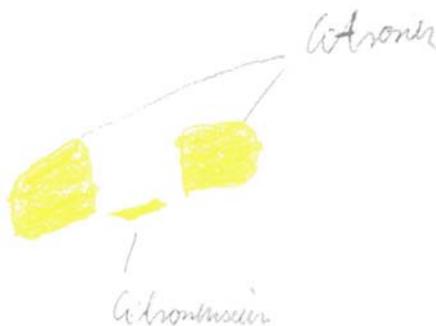


Abbildung 14: Lars Bild von einer Säure

Seine Zeichnung ist durch drei voneinander abgrenzbare Elemente mit identischer Farbgebung gekennzeichnet. Die äußere Ähnlichkeit zwischen den Bildelementen legt auch eine innere Beziehung nahe. Die zwei größeren Objekte repräsentieren das gleiche Alltagsprodukt: eine Zitronenfrucht. Der abstrakte, klassenbildende Oberbegriff wird von Lars in zeichnerischen Denkzusammenhängen also mit (nur) einem stofflichen Objekt in Verbindung gebracht. Damit zeichnet Lars gleichzeitig ein Objekt, das im realen Handlungskontext vorgekommen ist.

Ohne sprachlich-symbolische Zusatzinformationen bleibt der Bedeutungsgehalt des „gelben Flecks“ – zwischen den Zitronenfrüchten – zunächst unverständlich. In der Kommentierung seines Bildes bezeichnet Lars diesen als Zitronensäure, die offensichtlich als primäre Assoziation seinem Bild zugrunde liegt. Aus Lars Kommentaren wird zusätzlich deutlich, dass „Zitronensäure aus der Zitrusfrucht“ (Anhang A; Transkript 10-12) stamme. Ein farbliches (Umschlags-)Phänomen, das eine charakteristische, fachbegriffsrelevante Eigenschaft von Säuren vermittelt, wird von Lars nicht gemalt. Seine Zeichnung verbleibt somit auf einer stofflich-anschaulichen Ebene. (Weitere) Merkmale, die Strukturen des Säurebegriffs bzw. darauf hin entwickelte Vorstellungen konkretisierten, werden von Lars

nicht genannt. Einzig den Stoffnamen Salzsäure weiß er noch im Kontext des Säurebegriffs zu nennen (vgl. Anhang A; Transkript 14).

Lars zeichnet den auf Projekterfahrungen rückführbaren Sachverhalt, dass ein aus dem Alltag vertrauter Stoff mit einem chemischen Fachbegriff in Verbindung gebracht worden ist. Die Zeichnung wird vermutlich durch eine sprachliche Verwandtschaft unterstützt (Zitronensäure-Zitrone) und steht in Einklang mit Lars Vorstellung von einer Säure als flüssige Substanz (vgl. Kap. 8.5.1). Exemplarisch ist dieser dargestellte Zusammenhang allerdings nicht. Ein multipler stofflicher Eigenschaftsbezug des Säurebegriffs lässt sich aus Lars verbalen Ergänzungen nicht erschließen. Es kann darüber hinaus spekuliert werden, ob Lars mit seiner Zeichnung von Zitronensäure sensorische Merkmale (sauer-schmeckende Flüssigkeit) zum Ausdruck bringt. Indem Lars seine begriffsrelevanten Säuremerkmale auf der stofflich-anstaulichen Ebene nur an einen Alltagsstoff koppelt, ist die Verfügbarkeit eines assimilatorisch anwendbaren Vorstellungsschemas für andere, unbekannte Stoffe fragwürdig.

Zum Laugebegriff fällt es Lars im Vergleich zum Säurebegriff ungleich schwerer, ein Bild zu zeichnen. Offensichtlich ist ihm eine innere Repräsentation nur schwer zugänglich. Die Zeichnung eines Laugenbrötchens wird abgebrochen, weil (selbst) dazu die originale Vorstellungskraft fehlt. Allerdings täuscht dieser zeichnerische Fehlversuch nicht darüber hinweg, dass Lars ikonisch zuerst ein stoffähnliches Objekt assoziiert, das wortmorphologisch mit dem Laugebegriff verwandt ist.

Bevor Lars schließlich ein Laugebild malt, versucht er, über stoffliche Konsistenzvorstellungen einer Lauge (vgl. Anhang A; Transkript 27) seinen mentalen Konstruktionsprozess zu bündeln: Er weiß kein begriffsadäquates Bild zu zeichnen. Umso mehr verwundert es, dass er schließlich eine Zeichnung entwirft, die (auf den ersten Blick) den abstrakten Bedeutungskern des Laugebegriffs repräsentiert. Allerdings kommt sein Bild unter dem Einfluß seines Bruders zustande, stellt für Lars also eine bedeutungsfremde Notzeichnung dar.



Abbildung 15: Lars Bild von einer Lauge

Die spärliche Kommentierung seines Bildes dokumentiert diese passiv-rezeptive Übernahme der Zeichnung, mithin deren Unverständnis (vgl. Anhang A; Transkript 40). Die Kennzeichnung eines türkisen Umschlagsphänomens mag als ein Hinweis dienen, dass Lars den semantischen Kern seiner Darstellung selbst nicht sinnvoll rekonstruieren kann. Im Hinblick auf eine sachliche Inkompatibilität seiner situativen Verstehensleistung ist jedoch die Tatsache bedeutsamer, dass Lars offensichtlich das spezifische Reaktionsverhalten nicht als Möglichkeit versteht, um eine (unbekannte) Substanz als Lauge zu identifizieren. Er gibt in seinen Kommentaren zu erkennen, dass eine Lauge (als Flüssigkeit gezeichnet) in einem Reaktionsgefäß vorgegeben und dann mit Rotkohlsaft versetzt wird. Der (fiktive) Farbumschlag hat somit für Lars keine Indikatorfunktion, ist quasi bedeutungslos. Dadurch verstärkt sich der Eindruck einer von fremden Gedankenreizen durchsetzten, semantischen Leere des Laugebegriffs bei Lars.

8.5.3 Interviewanalyse

Lars ist in der Lage, recht umfangreich auf die Eingangsfrage zu antworten. Die ausgestellten Materialien repräsentieren keine Hinweisreize, um fachliche Handlungsabläufe zu rekonstruieren. Er bezieht vielmehr in seinem ersten Erzählansatz – undifferenziert – möglichst viele Gegenstände und Stoffe ein. Dabei fällt auf, dass alltägliche und fachliche

Bedeutungsbestimmungen in Lars Darstellung nebeneinander existieren (Anhang B; Transkript 10):

Lars: „[...] Rotkohlsaft, da kann man auch mit kochen oder, und dann kann man auch Tests mit machen, hmmh, was untersuchen. [...] Hier ist so Band. Da kann man Tests mit machen, und dann sieht man, welche Farben da drinne sind. Mit Seife kann man sich die Hände waschen. Und mit Seife haben wir auch einen Test gemacht. Aber ich weiß jetzt nicht mehr, ob es Säure oder Lauge war. [...] Essig, braucht man ja auch zum Anbraten oder so. [...] Dann ist da noch so ein Pulver, Atta. Es war, glaube ich, auch eine Lauge. Und mit der Lauge. Das ist dann. Das reizt dann nicht so wie Säure. [...]“

Lars kann Produkte wie Wasch- und Reinigungsmittel oder auch den bereitgestellten Essig in alltägliche Verwendungszusammenhänge einordnen. Im Hinblick auf fachlich-operationale Begriffsbedeutungen spricht er von ‚Tests‘. Dennoch ist ihm Kategorisierung der Substanzen als Säure oder Lauge wichtig. Inwieweit Lars dafür ‚Tests‘ mitdenkt, ist zunächst nicht eindeutig zu beantworten.

Im weiteren Interviewverlauf werden die aus fachlicher Sicht zentralen Testhandlungen aufgegriffen. Lars kann diese nicht konkretisieren, also weder Handlungsziel angeben, noch deren Ergebnisse differenzieren. Statt dessen haben diese Versuche in der Situationskonstruktion nur das Ziel verfolgt, „etwas zu untersuchen“ (Anhang B; Transkript 20). Die von Lars selbst in seiner Darstellung genannten Begriffe Säure und Lauge stehen in keinem (gedanklichen) Zusammenhang mit den erwähnten Tests. Lars bestimmt sauer und basisch reagierende Substanzen durch sinnlich-differenzierte Eigenschaften, die allerdings ohne reale Entsprechung im Projektkontext sind (Anhang B; Transkript 27-30):

Versuchsleiter: „Haben denn die Stoffen hier, zum Beispiel die Zitrone, etwas mit Säure oder mit Lauge zu tun?“

Lars: Nee. Das ist Säure. Weil das reizt auch die Finger. Der Saft. Das brennt auch so auf die Finger.“

Versuchsleiter: „Und der Essig. Hat der etwas mit Lauge oder Säure zu tun?“

Lars: „Das ist auch eine Säure, glaube ich. Ja, und wie ich eben schon sagte. Die Säure brennt ja auf Fingern. Ja und das ist mit der Lauge nicht. Die brennt nicht auf den Fingern. Die reizt nicht die Finger.“

Eigenschaften der Alltagssubstanzen Zitrone und Essig werden von Lars zur (generellen) Bedeutungsbestimmung einer Säure, damit zur begrifflichen Identifizierung herangezogen.

Entscheidend ist dabei weniger Lars Denkmuster, wonach die Stoffe an sich als Säuren oder Laugen aufgefasst werden, als vielmehr die Tatsache, dass für seinen Kategorisierungsvorgang fachliche Nachweishandlungen ohne Bedeutung sind. Dies bestätigt sich auch in der konkreten Anforderungssituation zur Bestimmung des sauren oder basischen Charakters unbekannter Substanzen (vgl. Kap. 8.4.4), als er dem versuchspraktischen Vorschlag seines Bruders folgend, nur unsicher agieren und keine Deutungsaussagen formulieren kann.

Zwar weiß Lars im Fortgang des Interviews sowohl Seife und auch Attapulver der Substanzklasse Lauge zuzuordnen (vgl. Anhang B; Transkript 33-36). Dies geschieht allerdings auch nur aufgrund stofflich-sinnlicher Eigenschaften (Anhang B; Transkript 44):

Lars: „Weil, die Seife, die benutzt man ja auch für Hände. Das reizt ja nicht. Die Zitrone, die schmiert man sich ja nicht auf die Hände. Und das macht man mit der Seife ja schon. Und deshalb glaube ich doch schon, dass das eine Lauge ist.“

Lars schlussfolgert – im Sinne eines Ausschlussprinzips – auf der Grundlage seiner Eigenschaftsvorstellungen von Säuren, dass es sich bei den Wasch- und Reinigungsmitteln um basische Substanzen handelt. In seinem Deutungsverhalten schwingt ein antipodenhafter Charakter des Säure-Lauge-Begriffspaars mit. Jedoch sind für Lars sinnlich-wahrnehmbare, nicht abstrakte Eigenschaften der Stoffe für sein kategorielles Verständnis ausschlaggebend. Seine antagonistische Einschätzung ist jedoch bei näherer Betrachtung nur vordergründig. Lars kategorisiert Seife und Attapulver nur deshalb zur Substanzklasse Lauge, weil diese im Gegensatz zu einer Säure hautverträglich sind.

Ein letzter Versuch in der narrativen Untersuchungssituation, seine kategoriell relevanten Aussagen noch einmal in einen Zusammenhang mit den erwähnten Tests zu bringen, misslingt. Lars hat offensichtlich dessen funktional-semantische Bedeutung nicht verstanden (vgl. Anhang B; Transkript 46), weshalb die thematisch zentrierte Interviewbefragung an dieser Stelle nicht fortgeführt wurde.

8.5.4 Zusammenfassung Lars

Lars zeigt ein anderes Verständnis der operationalen Bedeutungsstruktur des Säure-Lauge-Begriffspaars als sein älterer Bruder Jan. Nach Auswertung seines Strukturbilds hält es Lars einzige und allein für sinn- und bedeutungsvoll, die Fachbegriffe stofflich-sensorisch

auszukleiden. Die Konsistenz-eigenschaft flüssig dient Lars als alleiniges Konstrukt, um den Säure- und Laugebegriff semantisch zu bestimmen. Fachlich-funktionale Handlungsaussagen werden nicht artikuliert.

Zudem wird aus seinen bildlich-analogen Repräsentationen erkennbar, dass weder der Säure- noch der Laugebegriff als objektmengenbezogene Konzepte erschlossen worden sind. Lars Bild von einer Säure transportiert vielmehr die bereits angedeutete sensorische Eigenschaftsvorstellung, unterstützt durch sprachlich bedingte Ähnlichkeiten zwischen dem Alltagsbegriff Zitrone und dem Fachbegriff Zitronensäure.

Die Nicht-Relevanz fachspezifischer Handlungsmuster zeigt sich schließlich auch in der narrativen Untersuchungssituation. Dort kann Lars nur ihm vertraute Eigenschaften von Alltagsstoffen wie etwa von Essig auf den Säurebegriff transferieren.

Diese begrifflichen Bedeutungsmuster hält er auch in der problembasierten Anforderungssituation aufrecht. Zwar kann Lars handlungspraktisch adäquat agieren, verfügt aber über keine Kompetenz, um Umschlagsphänomene sachlich adäquat zu deuten.

8.6 Marc

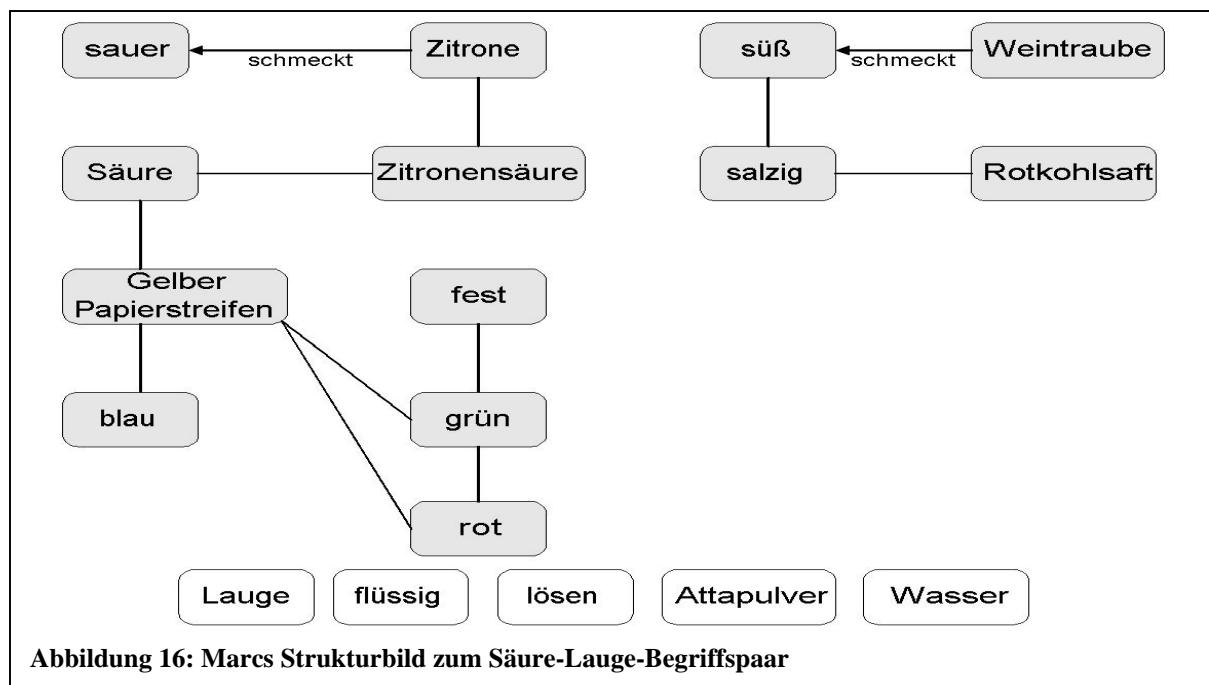
Der siebenjährige Marc besucht die zweite Klasse der dörflichen Grundschule, zu der auch seine Schwester Nadja geht. Rückblickend gibt Marc an, dass ihm alle Projektinhalte „*gut gefallen*“ haben. Allerdings scheinen angesichts seiner sprachlichen Passivität und Wortkargheit Zweifel angebracht, dass Marc diese generelle Bewertung (bewusst) - etwa nach themenspezifischen oder tätigkeitsorientierten Kriterien - differenziert vornimmt. Marc kann nur angeben, sowohl praktische als auch theoretische Projektphasen „*gut gefunden*“ zu haben.

Er selbst ist der Meinung, etwas gelernt zu haben, ohne dies inhaltlich konkretisieren zu können. Möglicherweise manifestiert sich dieses Lernergebnis gerade in dem konnotativ positivem Erleben der Projektsituation. Marc hat – unabhängig von dieser Einschätzung – nicht genügend Motivation entwickelt, um sich in seiner freien Zeit mit ähnlich gearteten, chemischen Handlungszusammenhängen zu beschäftigen. Er selbst macht dafür die mangelnde materielle Ausstattung verantwortlich. Die bewusste Entscheidung für Versuche mit möglichst einfachen Materialien und Substanzen hat im Hinblick auf einen Alltagstransfer bei Marc keine Wirkung erzielt.

8.6.1 Strukturbildanalyse

Marc findet für ein Drittel der vorgegebenen Begriffskarten keine Verwendung. Diese bezeichnen konkrete Stoffe (Wasser, Attapulver), repräsentieren z.T. (deren) Eigenschaften (flüssig) und bezeichnen Tätigkeiten (lösen). Der Laugebegriff ist ebenfalls für Marc im Kontext der Begriffskarten bedeutungslos. Zwar sind von der Anzahl her gesehen nicht wenige Verbindungslien eingezeichnet worden. Doch hat Marc insgesamt nur zwei davon genauer gekennzeichnet. Dadurch werden jeweils geschmackliche Qualitäten sprachlich-symbolisch repräsentierter Früchte angegeben.

Es hat den Anschein, als könne sich Marc im Zusammenhang mit Universalindikatorpapier an Farbphänomene erinnern. Die nahe Zuordnung des Säurebegriffs unterstützt diese Annahme. Sie ist jedoch allenfalls assoziativer Natur, nicht aber Ausdruck verstandenen Wissens zum Nachweis einer Säure mit Hilfe eines Indikators.



Der (gedankliche) Zusammenhang der Begriffe Säure, Zitronensäure und Zitrone ist wahrscheinlich auf wortmorphologische Ähnlichkeiten zurückzuführen. In konventionellem Sinne verbergen sich hinter diesen Begriffsassoziationen eine Bestandteils- („Zitronensäure ist in einer Zitrone enthalten“) und eine Oberbegriffs-Unterbegriffs-Relation („Zitronensäure ist eine Säure“). Angesichts fehlender Benennungen ist aber davon auszugehen, dass der epistemische Bewusstseinsgrad solcher Aussagen bei Marc nur rudimentär vorhanden ist.

Dafür spricht auch, dass Marc Verknüpfungen realisiert, die mit einem objektiven Bedeutungsraster nicht sinnvoll zu interpretieren sind (z.B. „fest-grün“ und „Rotkohlsaft-salzig“). Subjektiv sinnvoll, bewusst und damit Ausdruck verstandenen Wissens sind Marc im begrifflichen Gesamtkontext nur Verknüpfungen, die ihm bekannte Geschmackseigenschaften angeben. Im Hinblick auf Bedeutungsinhalte der Fachkonzepte bleibt zu konstatieren, dass diese von Marc weder subjektiv sinnhaft, noch objektiv zutreffend im vorgegebenen Begriffsrahmen dargestellt werden.

8.6.2 Zeichnungsinterpretation

Marc entwirft zu Beginn der Aufgabensituation die Vorstellung an einen Baum (vgl. Anhang A; Transkript 11), agiert also in der konkreten Handlungssituation sehr spontan. Seine Idee ist nur schwer zu beurteilen. In dem Bemühen, einen sinnvollen und strukturellen Hintergrund seiner Aussage offen zu legen, kann folgender Interpretationsansatz entworfen werden: Marc

generiert auf der Grundlage diffuser Erinnerungen an spezifische Objekte aus dem Projektkontext wie z.B. Zitronen oder Weintrauben die Vorstellung, dass die Kategorie ‚Baum‘ mit dem fachchemischen Konzept ‚Säure‘ in Relation steht.²²



Abbildung 17: Marc's Bild von einer Säure

Marc selbst verfolgt seinen spontanen Einfall nicht weiter und entwirft schließlich eine Zeichnung, die stark von der Darstellung seiner Schwester beeinflusst ist. Er selbst kann seine Zeichnung mit keinen bedeutungstragenden Aussagen hinterlegen (vgl. Anhang A; Transkript 16-19). Marc malt zunächst das gleiche Zeichenobjekt wie seine Schwester Nadja: eine Zitrone. Als zweites Objekt fügt Marc dann noch das Bild eines Apfels hinzu, weil dieser „gut zu der Zitrone passt“ (Anhang A; Transkript 95). Er deduziert – unter Ausblendung operationaler Begriffszusammenhänge – dass ein Apfel ebenfalls „Säure enthält“ (Anhang A; Transkript 49). Für Marc ist es nicht bedeutsam, ob die Stoffe im realen Handlungskontext vorgekommen sind, aufgrund ihres Eigennamens eine lexikalische Ähnlichkeit zur Bezeichnung Säure aufweisen oder aufgrund eines spezifischen Reaktionsverhaltens gegenüber Indikatoren begriffsrelevant sind: Allein die Zugehörigkeit seiner Zeichenobjekte zur Kategorie ‚Obst‘ ist für seine zeichnerische Darstellung entscheidend und in sich (auch) stimmig.

²² In der Handlungssituation ist dieser semantische Hintergrund von Marc's Aussage allerdings nicht aufgegriffen und folglich auch nicht der Versuch unternommen worden, diesen durch ein ergänzendes Nachfragen zu konkretisieren.

Als letztes Element zeichnet Marc – folgerichtig – eine Weintraube. Damit hält er die innere Kohärenz seiner handlungsleitenden Vorstellungen aufrecht. Die Weintrauben passen in die Leerstellen seines aktuellen Vorstellungsschemas. Ein anorganisches, nicht essbares Substrat hätte Marc in der Aufgabensituation vermutlich nicht gezeichnet. Seine gesamte Zeichnung zum Säurebegriff beruht also auf gedanklichen Konstrukten, die fachliche Bezüge vermissen lassen.

Im Zusammenhang mit seiner Zeichnung zum Laugebegriff weicht Marc aufgrund fehlender semantischer Bezüge auf eine Art Versuchs-Irrtums-Strategie. Er möchte einen Baum malen (vgl. Anhang A; Transkript 101), um dann anzugeben, dass er „keine Ahnung“ (Anhang A; Transkript 108) davon habe, welche Zeichenobjekte den Laugebegriff sinnvoll repräsentieren könnten.



Abbildung 18: Marcs Bild von einer Lauge

Wiederum durch das Bild seiner Schwester Nadja angeregt, malt Marc einen Rotkohlkopf, der von ihm (allerdings) als Lauge bezeichnet wird. Marc kann sich offensichtlich nur noch stofflich-elementhaft an das Freizeitprojekt erinnern, ohne dabei Handlungszusammenhänge rekonstruieren zu können.

Wie bedeutungslos der Laugebegriff sowohl in objektiver als auch in idiosynkratischer Hinsicht für Marc ist, dokumentiert sein zweites Zeichnungsobjekt: eine ‚Laugenmaschine‘, aus „der Laugensaft rauskommt“ (Anhang A; Transkript 123). Gedanklich motiviert ist seine

Phantasiemaschine u.U. durch Fragmente aus dem Projektkontext. Danach hat er „Laugensaft zu Waschpulver gegeben“ und da ist „immer grün rausgekommen“ (Anhang A; Transkript 119). Die gedankliche Rekonstruktion des Umschlagsphänomens von Waschpulver und Rotkohlsaft entspricht objektiven Gegebenheiten und wird von Marc in seiner Zeichnung durch einen grünen Strich angedeutet. Aus Mangel an einer fachlich-konventionellen Bedeutungsstruktur synthetisiert Marc schließlich eine (phantasievolle) Hybridvorstellung, in der er die (tieferliegende) Vorstellung des Mischens von Waschpulver mit Rotkohlsaft zum Ausdruck bringt. Auf jeden Fall ist für Marc das Farbresultat der Mischhandlung ohne symbolische Aussagekraft.

8.6.3 Interviewanalyse

Marc hat erkennbar keine Lust, sich zu den bereitgestellten Materialien zu äußern. Ihm „fällt gar nichts ein“ (Anhang B; Transkript 4). Sein erster, bemühter Erzählansatz ist entsprechend kurz und diffus (Anhang B; Transkript 6):

Marc: „Hmmh, hmmh. Säure und Lauge. Waschpulver und so. Das mit dem Traubensaft oder wie das heißt. [...]“

Ohne erkennbaren Zusammenhang werden die Fachbegriffe Säure und Lauge als Worthülsen genannt. Die Angabe von Waschpulver entbehrt einer Stoffvorgabe in der Interviewsituation, der flüssige Universalindikator wird als Traubensaft gekennzeichnet. Sein unmotiviertes Verhalten, sich zu der Aufgabe zu äußern, röhrt womöglich daher, dass er den ungefähren Ablauf der Anforderungssituation antizipiert und anhand seiner ihm zur Verfügung stehenden Möglichkeiten reflektiert: Marc kann sich sinnvoll nicht äußern.

In einer ersten verbalen Vertiefung berührt Marc praktische Aspekte, ohne dabei fachliche Handlungszusammenhänge zu rekonstruieren (Anhang B; Transkript 8):

Marc: „Hmmh, da haben wir mit der Pinzette das in so ein Glas reingemacht und dann haben wir mit Waschpulver und so geguckt, was das für Farben werden.“

Die Darstellung fokussiert formal Handlungen, die den Nachweis von Säuren und Laugen mit flüssigem Indikator betreffen. Marcs Darstellung indes spiegelt diesen thematischen Bedeutungshintergrund nicht wider. Der symbolische Gehalt der Umschlagsphänomene ist

Marc nicht präsent. Da seine Aussagen unscharf bleiben, wird er – im Gegensatz zu seiner älteren Schwester – durch Nachfragen zum weiteren Erzählen stimuliert (Anhang C; Transkript 9-10):

Versuchsleiter: „Was meinst Du mit ‚Waschpulver‘ und ‚Farben werden‘.

Kannst Du das noch ein bisschen genauer sagen?

Marc: *Das wir mit Waschpulver die Dinger, dann irgend so was
reingetragen haben und dann haben wir mit der Pinzette so
ein Traubensaft – was das auch ist- da reingeschüttet und
dann wurde so was daraus, so Farben. [...]“*

Waschpulver besitzt in Marcs unstrukturierter Darstellung offensichtlich eine besondere Valenz. Auf jeden Fall bringt er farbliche Veränderungen - als Ergebnis entsprechender Indikatorversuche - am ehesten mit diesem Stoff in Verbindung. Es gelingt Marc aber (erneut) nicht, eine in fachlicher oder subjektiver Hinsicht sinnmachende Aussage zu formulieren. Seine gleichgültige Konnotation verstärkt nachhaltig den Eindruck, dass sich Marc auch nicht weiter äußern möchte.

Schließlich zeigt er an, zu den bereitgestellten Stoffen und Gegenständen aufgrund seines Wissensdefizits nichts weiter mehr sagen zu können (vgl. Anhang B; Transkript 14). Sein reaktives Sprachvermögen dokumentiert darüber hinaus den mühsamen Vorstellungsaufbau, der nicht in bedeutungshaltigen Aussagen münden kann. Der Versuch, über Erinnerungen an einzelne Farbumschläge als Folge von Indikatorreaktionen begriffliche Strukturen zu aktivieren, gelingt (ebenfalls) nicht (Anhang B; Transkript 15-22):

Versuchsleiter: „Weißt Du denn noch, was passiert ist, als wir Rotkohlsaft
zu Essig oder zu Zitronensaft gegeben haben?

Marc: *Ja, da wurden bunte Farben, glaube ich, raus.*

Versuchsleiter: *Haben wir Rotkohlsaft auch zu dem Attapulver
dazugegeben?*

Marc: *Ja. Da wurde auch ne Farbe raus.*

Versuchsleiter: *Sahen denn die Farben gleich aus?*

Marc: *Nee, nicht alle waren gleich.*

Versuchsleiter: *Wie sahen die denn aus?*

Marc: *Manche sahen grün aus, manche sahen pink aus und so,
auch rot welche. [...] Oder schwarz.“*

Auch wenn Marc Umschlagsphänomene erinnern kann, fehlt ihm erkennbar die reflexive Distanz, um einen fachlichen Aussagengehalt ableiten zu können. Indem er zugleich die Verschiedenartigkeit der Farbergebnisse betont und teilweise von objektiven

Wahrnehmungen entrückt (schwarze Farbe), verstärkt sich der Eindruck, dass ihm fachliche Deutungsmuster nicht zur Verfügung stehen.

Aus Mangel an begrifflichen Strukturen weicht Marc auf eine beschreibende Darstellung aus (vgl. Anhang B; Transkript 30). Sinn und Zweck der Nachweishandlungen – damit auch deren Ziel – sind von Marc nicht verstanden worden und können im aktuellen Situationszusammenhang nicht rekonstruiert werden. Er verfügt nur über das wahrnehmungsgebundene Phänomenwissen, dass farbliche Veränderungen im Zusammenhang mit Indikatoren zu beobachten gewesen sind.

Aufgrund der inneren Abgeschlossenheit von Marcs Darstellung und der mehrfach signalisierten Unwissenheit wird er zum Abschluss noch gebeten, den Laugebegriff inhaltlich zu bestimmen (Anhang B; Transkript 32-40).

Versuchsleiter: „Kennst Du das Wort Lauge noch?

Marc: Mmh.

Versuchsleiter: Was stellst Du Dir denn unter einer Lauge vor?

Marc: Keine Ahnung.

Versuchsleiter: Hast Du aber schon einmal gehört?

Marc: Ja, bei Euch.

Versuchsleiter: Hast Du schon einmal eine Lauge gesehen?

Marc: Ja, bei uns im Baum.

Versuchsleiter: Was hat denn Baum mit einer Lauge zu tun?

Marc: Keine Ahnung, eigentlich keine Ahnung.“

Marc kann nur auf phonologischer Ebene mit dem Fachbegriff etwas anfangen. Semantisch-fachliche Bezüge kann er auch zum Laugebegriff nicht generieren. Seine assoziative Verknüpfung zwischen dem chemischen Konzept und einem Baum macht für ihn selbst (auch) keinen Sinn. Denkbar ist – außer eines humoristischen Hintergrunds - dass sich Marc an die Zeichnungssituation (vgl. Kap. 8.6.2) erinnert oder diese fortführen möchte. Unabhängig vom tatsächlichen Motiv seiner Äußerung bleibt festzuhalten, dass Marc zur Säure-Lauge-Thematik selbstständig keine bedeutungshaltigen Erinnerungen zu konstruieren bzw. zu versprachlichen weiß.

8.6.4 Problemlösendes Verhalten²³

Marc ist sich gleich zu Beginn der Aufgabenstellung sicher, die vorgelegten Stoffe identifizieren zu können. Nadja hingegen ist in Ihrem Urteil überlegter, lässt sich also nicht von flüchtigen Wahrnehmungseindrücken leiten (vgl. Anhang C; Transkript 1-11). Beide erzeugen Vorstellungsbilder bekannter Alltagsstoffe wie Zucker, Salz und Waschpulver. Die visuelle Wahrnehmung ist bei Marc und Nadja analytisch ausgerichtet, d.h., ohne einen speziellen Hinweis geht das Geschwisterpaar davon aus, dass die vorgelegten Substanzen unterschiedlich sind.

Während Marc keinen (auch für ihn) sinnvollen Vorschlag machen kann, um den sauren bzw. basischen Charakter der Stoffe zu untersuchen, bildet Nadja die Problemstellung mental vielversprechender ab (vgl. Anhang C; Transkript 12-22). Sie erkennt die Notwendigkeit, die Antwort praktisch-handelnd zu finden. Sie kann ihren Vorschlag allerdings kaum konkretisieren, Marc seine Schwester dabei auch nicht unterstützen. Er verfügt nicht über das begriffliche Fundament, um die Fragestellung erfolgreich zu bearbeiten (Anhang C; Transkript 25-31):

- Versuchsleiter: „Wie meinst Du das, mit dem Ausprobieren?“*
Nadja: Ja, was wir auch schon in der Uni gemacht haben. Mit, hmmh-. Wie heißt noch mal, hmmh, mit-.
Marc: Laugen!
Nadja: Mit Kohl oder so?
Versuchsleiter: Marc, weißt Du das vielleicht noch?
Nadja: Mit dem Kohlsaft da.
Marc: Mit dem Kohlsaft. Und dann noch mit Laugen-.“

Nadja kann im Vorgriff auf die praktische Durchführung der Nachweisversuche zwar Farbeindrücke gedanklich aktivieren, die das Resultat entsprechender Wahrnehmungen aus dem Projektkontext sind (vgl. Anhang C; Transkript 35-39). Die Vielfalt ihrer Wahrnehmungseindrücke lässt allerdings vermuten, dass Nadja in der konkreten Anwendungssituation zu keinen sicheren Deutungsergebnissen gelangen wird. Marc hingegen bringt seine Distanz zu fachlichen Intentionen (deutlich) zum Ausdruck.

²³ Die Aufgabe wurde von Marc und seiner Schwester Nadja gleichzeitig und gemeinsam bearbeitet. Diese Konstellation ergab sich aus zeitökonomischen Gründen. Es folgt daher an dieser Stelle ebenfalls eine Interpretation des Problemlöseverhaltens von Marcs älterer Schwester, Nadja.

Seine Frage danach, ob er Rotkohlsaft trinken könne (vgl. Anhang C; Transkript 42), mag als Sinnbild dafür stehen, welche situationsspezifischen Interessenhaltungen bei ihm bestehen. Nicht die funktionale Verwendung von Rotkohlsaft in versuchsähnlichen Zusammenhängen interessiert (primär), sondern eine ihm unbekannte, geschmackliche Erfahrung.

Marc erkennt im Anschluss an die handlungsgerechte Zugabe von Rotkohlsaft das säurespezifische Umschlagsphänomen als solches nicht. Für ihn ist der beobachtbare Farbumschlag ohne symbolischen Aussagengehalt. Nadja kommt ebenfalls zu keiner validen Deutung des roten Umschlagsphänomens (vgl. Anhang C; Transkript 58). Sie weiß zwar grundsätzlich darum, dass durch einen Farbumschlag eine Säure oder Lauge angezeigt wird. Aufgrund unzureichend ausgebildeten Wissens können Umschlagsphänomene von ihr nicht gedeutet werden.

Marc wechselt aufgrund fehlender Einsicht in den gesamten Handlungszusammenhang im weiteren Verlauf seine Problemlösestrategie. Er meint, die basische Substanz am Geruch identifizieren zu können (vgl. Anhang C; Transkript 90). Seine Aussage ist jedoch nicht Ausdruck von Überzeugungswissen. Fast sprunghaft, ohne jegliche Zieltransparenz negiert Marc im nächsten Augenblick die zuvor aufgestellte Eigenschaftsbehauptung und transferiert diese auf den Säurebegriff (vgl. Anhang C; Transkript 94).

Da Marc und Nadja zu keiner eindeutigen, auch subjektiv befriedigenden Deutung gelangen, machen sie abschließend den Vorschlag, in einem zweitem Problemlöseansatz mit Universalindikatorpapier zu arbeiten (vgl. Anhang C; Transkript 99-102) – ohne auch hier zu zusammenhängenden und eindeutigen Ergebnisaussagen zu gelangen. Dies kommt eindringlich darin zum Ausdruck, dass Marc und Nadja die Feststoffe mit Rotkohlsaft lösen, um anschließend mit Universalindikatorpapier zu prüfen. Es zeigt sich also neben einem mangelndem Sachverständnis zusätzlich eine nicht ausreichend ausgeprägte (praktische) Handlungskompetenz.

8.6.5 Zusammenfassung Marc

Eine Zusammenschau des (Deutungs-)Verhaltens von Marc in allen methodischen Untersuchungssituationen ergibt ein eindeutiges Bild: Marc war nicht in der Lage, projektkontextuelle Sacherfahrungen in objektiv zutreffenden wie subjektiv befriedigenden

Strukturen zu konservieren. Deutlich ist bei Marc auch die emotionale Distanz spürbar, sich zur Sachthematik in den methodischen Anforderungssituationen zu äußern.

Eine inhaltsanalytische Ausdeutung seines Strukturbildes mit Blick auf die Fachbegriffe ist nicht möglich. Auch ikonisch-zeichnerisch kann Marc weder den Säure- noch den Laugebegriff fachsemantisch kennzeichnen. Während seine Zeichnung zum Laugebegriff kreative Bestimmungsmerkmale beinhaltet, ist sein Säurebild nur vordergründig fachlich relevant. Für Marc ist es sinnvoller, seine Bildobjekte unter die (alltagsweltliche) Kategorie ‚Obst‘ zu subsumieren, als diese gemäß ihres Reaktionsverhaltens gegenüber Indikatoren zu systematisieren.

In der narrativen Untersuchungssituation kann Marc (allenfalls) fragile Vorstellungsbilder an phänomenähnliche Wahrnehmungen verbalisieren, ohne diese mit einem Sinngehalt zu verbinden.

Daran ändert sich auch in der praktischen Anforderungssituation nichts. Marc bleibt in der praktischen Handlungssituation auf der rein phänomenologisch-feststellenden Ebene stehen und kann überhaupt erst durch Hilfestellung seiner Schwester handlungspraktisch tätig werden.

8.7 Nadja

Nadja ist zum Zeitpunkt der Untersuchung neun Jahre alt und besucht in derselben Grundschule ihres Bruders die vierte Klasse. Eine offene Fragestellung zur erlebnisbezogenen, konnotativen Rekonstruktion des Projektgeschehens zeigt, dass Nadja offensichtlich keine Handlungspräferenz für einen der durchgeführten Versuche hat. Ihr „*hat alles recht gut*“ gefallen. Deutlicher hingegen äußert sich Nadja zu (theoretischen) Reflexionen der durchgeführten Versuche, die ihr „*nicht so gefallen*“ haben, weil das „*ein bisschen schwer zu verstehen*“ war. Im Gegensatz zu ihrem Bruder ist Nadja in der Lage, den eigenen Lernzuwachs verbal zu konkretisieren. Danach hat sie gelernt, dass „*in manchen Sachen Säure oder Lauge drinne ist*“. Zwar hat sich Nadja vorgenommen, zu Hause noch einmal Versuche aus dem Projekt zu wiederholen, eventuell auch abzuwandeln. Aus nicht näher benannten Gründen hat sie dies dann aber nicht getan.

8.7.1 Strukturbildanalyse

Nadja hat jede Begriffskarte strukturell einbinden und verwenden können. Bis auf die Begriffskarte Attapulver sind zudem alle lexikalischen Repräsentationen Bestandteil mindestens einer Verknüpfung.

Nadjas Verknüpfungen sind zudem alle beschriftet, was für eine überblickende Form der Aufgabenbearbeitung spricht. Es lassen sich in Nadjas Strukturbild (mindestens) drei zueinander gehörende Begriffsgruppierungen identifizieren: Eine Einheit wird durch die vorgegebenen Farbbegriffe repräsentiert, eine zweite Einheit durch Begriffe, die sensorische Geschmacksqualitäten angeben. Die dritte, zugleich umfassendste Begriffsgruppierung, ist stofflich Prägung: Nadja ordnet darin zentrale Stoffe und Substanzen aus dem Projektkontext. Im Hinblick auf fachlich semantische Bezüge lässt sich Nadjas Strukturbild wie folgt interpretieren:

Zunächst lassen sich typische Eigenschaftspropositionen extrahieren, die geschmackliche („Weintraube ist süß“, „Weintraube kann sauer sein“) genauso wie Konsistenzbezogene Qualitäten („Wasser ist flüssig“) angeben. Universalindikatorpapier wird von Nadja ebenfalls in einer merkmalsorientierten Attributierung strukturell eingebunden („Gelber Papierstreifen ist fest“). Eine funktionale Bedeutungszuschreibung kommt genauso wenig vor wie dies beim

Indikator Rotkohlsaft der Fall ist. Auch Tätigkeitsvollzüge, wie dies durch Formulierungen wie ‚Rotkohlsaft wird zu Attapulver gegeben‘ zum Ausdruck kommen könnte, werden von Nadja nicht formuliert.

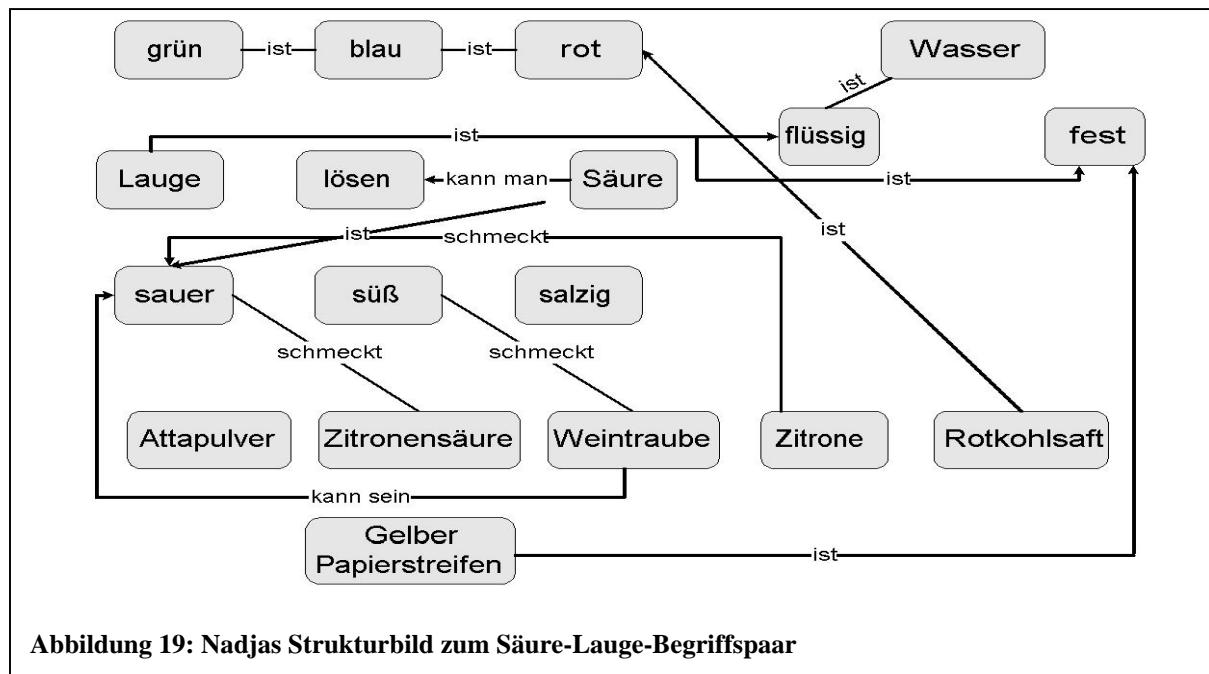


Abbildung 19: Nadjas Strukturbild zum Säure-Lauge-Begriffspaar

Die für den begrifflichen Aufbau zentralen (Nachweis-)Handlungen werden so bei der Strukturierung ausgeblendet. Zwar kann sich Nadja offensichtlich an Umschlagsphänomene erinnern („Rotkohlsaft ist rot, blau, grün“); deren Deutung bleibt jedoch aus. Gleichzeitig werden diese farblichen Attributierungen nicht kausal begründet.

Als Folge dieser statischen Charakteristik des Strukturbildes ist es nicht verwunderlich, dass die Fachkonzepte Säure und Lauge in Verknüpfungen vorkommen, die aus fachlicher Perspektive eher unbedeutend sind. Dies gilt insbesondere für den Säurebegriff, dessen Oberbegriffscharakter von Nadja nicht verstanden worden ist. Auch ihre subjektive Bedeutungszuweisung („Säure kann man lösen“) ist objektiv nur von sekundärer Bedeutung. Schließlich fällt auf, dass Nadja keine Proposition knüpft, die eine Säure bzw. Lauge als Bestandteil einer der symbolisch vertretenen Substanzen ausweist.

Insgesamt lässt sich also aus Nadjas Mapstruktur ein semantisches Profil konstruieren, für das fachlich-operationale Bezüge relativ bedeutungslos sind.

8.7.2 Zeichnungsinterpretation

Nadja geht mit konkret-stofflichen Vorstellungen an die Zeichenaufgabe heran. Sie möchte ein Bild malen, „wo Säuren drauf sind“ (Anhang A; Transkript 6). Es ist zu vermuten, dass Nadjas Säurebegriff mengenmäßig repräsentiert ist.



Abbildung 20: Nadjas Bild von einer Säure

Nadja malt zunächst eine Zitrone und denkt im Anschluss längere Zeit über weitere, subjektiv sinnvolle Zeichenobjekte nach. Die Annahme ist naheliegend, dass Nadja in ihrem Bild Säure als Bestandteil von Zitronen ausweisen will. Dem Deutungsmuster, dass Nadja durch ihr Zitronenbild den sauren Charakter als kategorisierende Eigenschaft von Säuren darstellt, widerspricht das zweite Zeichenobjekt: eine Weintraubendolde. Eher kann vermuten werden, dass Nadja durch die Weintraubenzeichnung auch der Vorstellung des süßen Geschmacks einer Säure Ausdruck verleiht. Nadjas Zeichnungsobjekte sind offensichtlich das Ergebnis eines gerichteten Denkprozesses. Schließlich sind beide Objekte original im Handlungskontext vorgekommen. Sie greift auf Gedächtnisspuren zurück, die in direkten Zusammenhang mit dem Projektkontext stehen.

Ihre begleitende Kommentierung bestätigt die Hypothese, wonach die dargestellten Alltagsprodukte (eine) Säure enthalten (vgl. Anhang A; Transkript 69). Auch die vermuteten Eigenschaften von Säuren werden verbal bestätigt: Eine Säure kann von saurem oder süßem Geschmack sein (vgl. Anhang C; Transkript 77-78).

Nadja integriert demnach in ihrer Zeichnung gegensätzliche, sensorische Eigenschaftsvorstellungen zum Säurebegriff. Dabei übernimmt sie sinnlich wahrnehmbare Merkmale der Alltagssubstanzen, um den Säurebegriff zu attributieren. Zwar handelt Nadja in der zeichnerischen Anforderungssituation z.T. wissensgeleitet, da ihre Zeichenelemente tatsächlich organische Säuren beinhalten. Sie denkt zeichnerisch aber keine Elemente mit, die ihr Wissen plausibel und damit einsichtig erscheinen lassen, wie dies durch ein spezifisches Umschlagsphänomen – fachlich-konventionell – zum Ausdruck kommt. Dies erklärt auch, warum Nadja in ihrer Zeichnung keine anorganischen Substanzen (aus dem Projektkontext) darstellt. Schließlich kennt sie deren sensorischen Eigenschaften nicht.

Zum Laugebegriff fällt es Nadja erkennbar schwer, ein (Vorstellungs-)Bild zu entwerfen. Sie sucht gedanklich nach Stoffen bzw. Materialien, die im Projektkontext an den Begriff Lauge angebunden wurden. Ihre gedanklichen Konstruktionen münden schließlich in der Darstellung eines Waschpulvers und einem Rotkohlkopf.



Abbildung 21: Nadjas Bild von einer Lauge

Unter sachlichen Gesichtspunkten ist primär festzuhalten, dass Nadja mit der Darstellung des Waschpulvers eine Substanz zeichnet, die im Projektkontext der Substanzklasse Lauge zugeordnet worden ist. Die Darstellung des Rotkohlkopfs deutet an, dass Nadja mit dem Laugebegriff u.U. Handlungsvorstellungen verbindet. In ihren verbalen Erläuterungen konkretisiert Nadja diese als Mischhandlungen von „Rotkohlsaft und Waschpulver“ (Anhang A; Transkript 151).

Nadja zeichnet (zwar) kontextrelevante Stoffe, synthetisiert diese aber gedanklich nicht miteinander, um etwa ein laugespezifisches Umschlagsphänomen als Ergebnis der Mischhandlung zu zeichnen. Nadja weiß darum, dass handelsübliches Waschpulver zum Laugebegriff gehört. Die Begründung dieser begrifflichen Assoziation indes unterbleibt. Die Zeichnung des Rotkohlkopfs ist erst von nachgeschalteter Bedeutung und kommt nur deshalb zustande, weil sich Nadja an besagte Mischhandlungen erinnern kann. Auch in der Zeichnung zum Laugebegriff sind die aus fachlicher Sicht verstehensrelevanten Ergebnisse von Nachweisversuchen für Nadja ohne Bedeutung.

8.7.3 Interviewanalyse

In ihrem ersten Erzählansatz behandelt Nadja die Begriffe Säure und Lauge mit erkennbarer Unsicherheit. Sie rekonstruiert diese im Kontext von Mischhandlungen. Dabei lässt sie offen, welche Stoffe an diesen Handlungen teilgenommen haben. Da zunächst keine Umschlagsphänomene erwähnt werden, ist zu vermuten, dass der flüssige Indikator für die dargestellten Handlungszusammenhänge nicht von Bedeutung ist. Dieser wird erst am Ende, eher beiläufig erwähnt (Anhang B; Transkript 6):

Nadja: „Wir haben Waschpulver und so vermischt, damit, hmmh, mit Lauge und, eh, Säure. Dann haben wir auch ein bisschen Seife und Spülmittel und so reingetan und, eh-. Wir haben auch so mit Bändern, haben wir, hmmh, dann zum Beispiel Waschpulver geholt und auch da rein getan, und geguckt, ob das eine andere Farbe gibt. Hmmh. Und dann haben wir ja alles vermischt und uns dann so die Farben angekuckt, und die geordnet. Und dann haben wir die Sachen auch mit Rotkohl vermischt.“

Grundsätzlich ist bei der zum Einsatz gekommenen Interviewmethode davon auszugehen, dass das nach Außentragen innerer Konstruktionen ein sich selbst verstärkender Prozess ist, erinnerbare Elemente also weitere Aufbauprozesse anstoßen. Bei Nadja bleibt (jedoch) der diffuse Charakter ihrer generierten Vorstellungen bestehen, trotz längerer Denkpausen als Ausdruck ihres intensiven Bemühens.

Im weiteren Verlauf der offenen Befragung wird deutlich, dass Nadja dem Säure- und Laugebegriff aufgrund von Wissensdefiziten keine Bedeutung zuschreiben kann (Anhang B; Transkript 12):

Nadja: „*Hmmh, wir haben, eh, Zitronensaft genommen, und dann. Das weiß ich jetzt kaum noch. Hmmh. Mit Rotkohl vermischt. Und dann haben wir dann eine andere Farbe rausgekriegt. Ja und, weiß ich jetzt nicht mehr. [...]*“

Für Nadja besteht die einzige Sinnhaftigkeit darin, (formale) Nachweisversuche an die Handlung des Mischens anzubinden. Die Fachbegriffe kann sie dadurch semantisch jedoch nicht näher bestimmen. Das Mischen mit Rotkohlsäft – exemplarisch am bereitgestellten Zitronensaft erläutert – ist eine in sich abgeschlossene Tätigkeit, die in Nadjas Denken keine fachliche Zielperspektive beinhaltet.

Aufgrund fehlender bzw. in der Interviewsituation nicht aktivierbarer begrifflicher Bausteine ist Nadja nicht in der Lage, die symbolische Funktion von Umschlagsphänomenen zu rekonstruieren. Zumindest ist aus ihrer Aussage nicht zu erschließen, dass das nicht näher spezifizierte Farbphänomen als kritisches Attribut einer Säure oder Lauge angesehen wird.

Nadjas eindimensionale Handlungsvorstellungen in der Interviewsituation lassen also darauf schließen, dass die Bezeichnungen Säure und Lauge keinen Begriffscharakter besitzen. Die das Verbalverhalten unterstützende Gestik verstärkt den Eindruck, dass Nadja sich zum fortgeschrittenen Zeitpunkt des Interviews auch nicht weiter äußern möchte. Aufgrund dieser spürbaren motivational-negativen Bedingungen wurde das Interview mit Nadja an dieser Stelle beendet.

8.7.4 Zusammenfassung Nadja

Ein funktional-operationaler Bedeutungszusammenhang kommt in Nadjas Strukturbild nicht vor. Nachweishandlungen werden begrifflich nicht nachformuliert. Als Folge davon kommen zentrale Fachkonstrukte nur in fachlich unbedeutenden Verknüpfungsmustern vor.

Ihre Zeichnungen weisen (dagegen) stärkere stoffliche Bezüge aus. Die Darstellung zum Säurebegriff drückt im Kern gegensätzliche, sensorische Eigenschaftsvorstellungen aus. Dabei wird deutlich, dass in Nadjas Verständnis Eigenschaften von Alltagssubstanzen (saurer und süßer Geschmack) zur semantischen Bestimmung des Säurebegriffs herangezogen werden. Mit ihrem Bild vom Laugebegriff verbindet Nadja zwar Rotkohlsäft als ein zentrales Handlungselement in Nachweisversuchen. Dieses mentale Konstrukt ist aber nur assoziativer Natur.

Den fachspezifischen Aussagengehalt von Nachweisversuchen kann Nadja auch in der Interviewsituation nicht erläutern. Identifizierungshandlungen werden – rekonstruktiv – als Mischhandlungen gedeutet, intentionale Aspekte als Kennzeichen eines einsichtigen Handlungsverständnis damit nicht verbunden.

Auch in der praktischen Anforderungssituation, die dem Enkodierungskontext nahe steht, offenbart Nadja kein neues (Be-)Deutungsverständnis. Sie weiß diffus darum, dass Indikatoren für die Bearbeitung der Aufgabenstellung heranzuziehen sind. Ihr (nicht gelingendes) Bemühen, Deutungsaussagen zu formulieren, führt schließlich sogar dazu, dass sie handlungspraktisch in ein Versuchs-Irrtums-Verhalten verfällt.

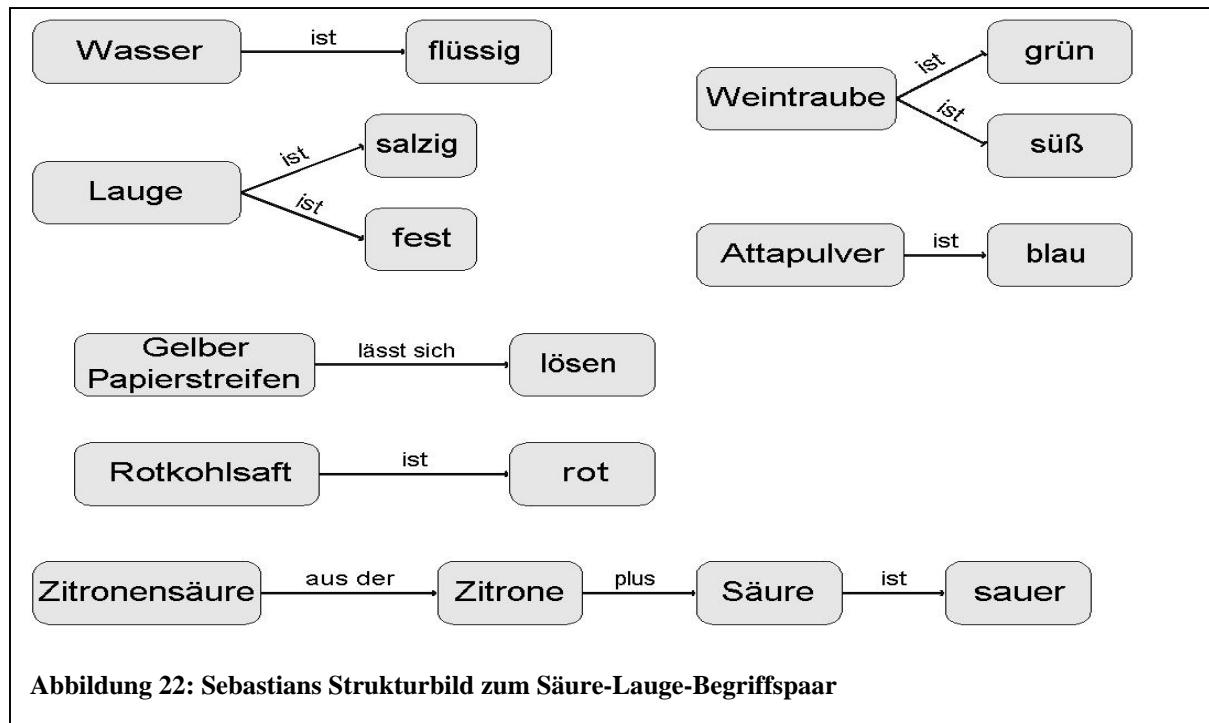
8.8 Sebastian

Sebastian ist zehn Jahre alt und besucht seit drei Monaten die fünfte Klasse eines Paderborner Gymnasiums. Er nimmt zum zweiten Mal an einer chemischen Ferienfreizeit teil. Seine Teilnahme begründet er mit der positiv-emotionalen Gesamtbewertung des ersten Projekts. Das Projekt zum Thema „Wasserkreislauf“ habe ihm „*sehr viel Spaß gemacht*“. Sebastians Hobbies sind nach eigenen Angaben v.a. bewegungsintensiver Art. (Spezielle) Versuchspraktische Vorerfahrungen hat Sebastian nicht. Zumindest gibt er an, weder in der Schule noch in der Freizeit themenorientierte Versuchshandlungen durchgeführt zu haben. Biologie und Latein sind seine Lieblingsfächer. Möglicherweise (auch) deshalb, weil diese als neue Fächer nach dem Wechsel zum Gymnasium hinzugekommen sind.

In der Retrospektive sind es v.a. versuchspraktische Handlungen, die Sebastian positiv heraushebt. Versuche haben Sebastian „*viel Spaß gemacht*“, weil „*man nicht wusste, was passiert. Das war auch ganz aufregend*“. An anderer Stelle spricht Sebastian davon, dass die Versuche für ihn etwas Abenteuerhaftes haben. Dennoch hat er zu Hause keinen der Versuche wiederholt. Trotz seiner Präferenz für praktisches Handeln haben ihm auch kommunikative, (er-)klärende Situationen aus dem Projektkontext gefallen und „*gehören dazu*“. Dies ist Hinweis dafür, dass Sebastian Projektsituationen z.T. als schul- bzw. unterrichtsähnlich erlebt hat. Er betont mehrfach, auch in Zukunft an weiteren Projektangeboten teilzunehmen.

8.8.1 Strukturbildanalyse

Sebastian hat in seinem Strukturbild zum Säure-Lauge-Begriffspaar alle vorgegebenen Begriffskarten verarbeitet. Formal betrachtet lassen sich vier Gruppierungen ausmachen, die jeweils aus zwei direkt nebeneinander stehenden Begriffen zusammengesetzt sind. Zusätzlich sind zwei in sich abgeschlossene Einheiten auffallend, die aus jeweils drei Begriffskarten bestehen. Beide Dreiersegmente sind dadurch gekennzeichnet, dass einem zentralen Begriffselement perzeptuelle Merkmale zugewiesen werden. Schließlich hat Sebastian vier weitere Begriffskarten in einer separaten Struktur zusammengefasst. Diese Begriffskette hebt sich aufgrund ihrer aussagekräftigen Komplexität von den übrigen Verknüpfungen ab, die inhaltsanalytisch wie folgt diskutiert werden können:



Sebastian attributiert Wasser durch das Merkmal des Flüssigseins. Es hat den Anschein, als reserviere er auf diese Weise diese stoffliche Eigenschaft. Auf jeden Fall werden keine objektiv zutreffenden Relationen - etwa zu Rotkohlsaft – oder auch für andere Kinder sinnmachende Verknüpfungen – wie z.B. zum Säurebegriff – realisiert. Das stoffliche Merkmal flüssig wird von Sebastian somit nicht als Ordnungskonstrukt verwendet.

Sebastians Verknüpfung zwischen Rotkohlsaft und dem Farbbegriff rot kommt entweder aufgrund von Oberflächenmerkmalen der sprachlichen Einheiten zustande oder ist als Ergebnis eines Vorstellungsbilds der bezeichneten Substanz zu werten. Im Hinblick auf eine verstehenszentrierte Rekonstruktion fachlicher Handlungs- und Sachaussagen ist jedoch bedeutsamer, dass Sebastians Proposition für sich alleine steht und mit keinem fachbegrifflichen Kontextelement verbunden ist. Mit dem Vorstellungsentwurf zu Rotkohlsaft werden keine funktionalen Aspekte zur Verwendung in Indikatorhandlungen von Sebastian mitgedacht. Die handlungsgemäße Bezugslosigkeit - zu (symbolischen Vertretern) alltagsstofflicher Exemplare bzw. zu den zentralen (Stoffklassen-)Konstrukten - kommt nicht nur durch eine fehlende sprachliche Benennung, sondern auch durch eine ausbleibende räumliche Anordnung der Konzeptkarten zum Ausdruck.

Auch mit Hilfe der Begriffskarte Gelber Papierstreifen kann Sebastian keine Vorstellungen an Nachweishandlungen oder deren systematisierende Aussagekraft konstruieren. Die Verknüpfung zum Begriff lösen deutet allerdings eine Tätigkeit an – etwa in dem Sinne, dass Indikatorpapier in flüssigen Substanzen gelöst worden ist. Ähnlich der Proposition ‚Rotkohlsaft ist rot‘ nutzt Sebastian die übrigen Farbbegriffe, um perzeptuelle Merkmale entsprechender Substanzen („Weintraube ist grün“) anzugeben. Fachliche Aussagen, die aus einer Verknüpfung der Farbbegriffe rot und grün mit den Oberbegriffen Säure und Lauge zum Ausdruck kommen könnten, werden von Sebastian nicht geknüpft. Für ihn ist es sinnvoller und naheliegender, sensorische Merkmalsbegriffe zur Kennzeichnung konkreter Stoffe und nicht von chemisch-abstrakten Begriffen zu verwenden.

Sebastian neigt im Kontext begrifflicher Symbole dazu, sachlich-konkrete Aussagen zu formulieren. Das zeigt sich auch in der Kennzeichnung einer Lauge als feste, salzig schmeckende Substanz. Die Vermutung liegt nahe, dass Sebastian mit dieser thematischen Gruppierung auf (Eigenschaften von) Laugengebäck abzielt. Während das Fachkonzept Lauge aufgrund wortmorphologischer Ähnlichkeiten von Sebastian semantisch durch Eigenschaften von Laugengebäck bestimmt wird, kommen in seinen Verknüpfungen zum Säurebegriff ansatzweise fachliche Vorstellungen zum Ausdruck. Die Assoziation „Zitronensäure aus der Zitrone“ deutet dies an. Auf der anderen Seite zeigt die additive Verknüpfung der Begriffskarten Säure und Zitrone zum Begriff Zitronensäure, dass sich Sebastians subjektiv sinnmachenden Konstruktionen mit fachlichen Bedeutungen nicht zur Deckung bringen lassen. Ob diese Addition sprachlicher Symbole zugleich Ausdruck einer stofflich-realnen Synthesevorstellung ist, lässt sich nicht beantworten.

8.8.2 Zeichnungsinterpretation

Sebastian malt zum Säurebegriff (nur) eine Zitrone. Das Vorstellungsbild wird von dem Jungen direkt auf die Instruktion hin entworfen. Es ist kein aufwendiger Denkprozess notwendig, um die mentale Repräsentation zu generieren und zeichnerisch umzusetzen. Da Sebastian nur ein einziges Objekt zeichnet, ist Beleg dafür, dass er den Fachbegriff nicht mengenmäßig repräsentiert.

Der generalisierende (Eigenschafts-)Aspekt des Säurebegriffs, der sich in dem äquivalenten Verhalten unterschiedlicher Alltagssubstanzen gegenüber Indikatoren gezeigt hat, ist für

Sebastians Bildentwurf nicht von Bedeutung. Die inhaltliche Relation zwischen Begriff und zeichnerischer Darstellung ist für Sebastian nur durch das Objekt selbst gegeben. Praktische, an experimentelle Zusammenhänge erinnernde Elemente werden nicht mitgedacht.



Abbildung 23: Sebastians Bild von einer Säure

Es ist zu vermuten, dass Sebastian mit dem Substanzklassenbegriff Säure die Bezeichnung eines Begriffsbeispiels, Zitronensäure, assoziiert. Anstatt den Säurebegriff durch die zusammenhängende Darstellung mehrerer unterschiedlicher Alltagsstoffe und -gegenstände zu symbolisieren, macht Sebastian eine Reduktion auf ein stoffliches Objekt. Da allein die namentliche Kennzeichnung eine Beziehung zwischen den Begriffen Zitrone und Zitronensäure nahe legt, sind an dieser Stelle die verbalen Ergänzungen in die Auswertung mit einbezogen worden (vgl. Anhang A; Transkript 22-24).

Auch im sprachlichen Medium kann Sebastian keine weiteren Bezüge zum Säurebegriff erläutern. Eine Zitrusfrucht ist das einzige Objekt, das Sebastian in der zeichnerischen Handlungssituation zum Säurebegriff einfällt. Sebastians begleitenden Kommentare unterstützen nicht die Annahme, dass er durch seine Zeichnung einer prototypischen Repräsentation des Säurekonzepts Ausdruck verleiht. In dieser Hinsicht hätte erwartet werden können, dass Sebastian den sauren Geschmack als klassifizierendes Merkmal hervorhebt. Tatsächlich besteht der zeichnerisch zum Ausdruck kommende Bezug zum Säurebegriff darin, aus „Zitronen Zitronensäure machen“ (Anhang A; Transkript 25) zu können. Diese Synthesevorstellung kann Sebastian abschließend (aber) nicht weiter konkretisieren (vgl.

Anhang A; Transkript 26-27). Möglicherweise hebt Sebastian darauf ab, Zitronensäure als integralen Bestandteil einer Zitrone extrahieren zu können.

Zum Laugebegriff malt Sebastian eine Laugenbrezel. Im Gegensatz zur ersten Zeichnung muss er (dafür) lange Nachdenken. Einem plötzlichen Aha-Erlebnis folgend fängt er an, eine Brezel zu zeichnen. Dies geschieht mit erkennbarer Zufriedenheit.



Abbildung 24: Sebastians Bild von einer Lauge

Sebastians Zeichnungsobjekt ist stofflich-real im Projektkontext nicht vorgekommen. Sein Bild ist also gedanklich fremd motiviert. Dafür spricht auch, dass Sebastian im zeichnerischen Medium die aus fachlicher Sicht bedeutungsstiftenden Nachweishandlungen vernachlässigt. Indem der Laugebegriff von Sebastian (allein) durch einen Alltagsstoff repräsentiert wird, kann in diesem Sinne auch nicht von einer prototypischen oder mengenmäßigen Repräsentation gesprochen werden.

Es ist offensichtlich, dass Sebastian bei seiner Zeichnung nicht auf Begriffsstrukturen zurückgreift, die Ergebnis fachlicher Verstehensprozesse sind. In seiner verbalen Ergänzung gibt er vielmehr zu verstehen, dass Bild einer Laugenbrezel gemalt zu haben, weil die Bezeichnung „Lauge in Laugenbrezel vorkommt“ (Anhang A; Transkript 44-45). Die Zeichnungsintention kommt also aufgrund ähnlicher lexikalischer Repräsentationen zustande. Selbst unter der Voraussetzung, dass Sebastian über Wissensrudimente einer fachlichen Bestimmung des Laugebegriffs (geistig) verfügt: Die Anbindung des wenig vertrauten

Begriffs Lauge an ein Alltagsobjekt ist für ihn sinnvoller und bedeutungshaltiger als diffuse Erinnerungen an Indikatorversuche.

8.8.3 Interviewanalyse

In seinem ersten Rekonstruktionsansatz tangiert Sebastian Nachweishandlungen mit Rotkohlsaft und Indikatorpapier, ohne dabei ergebnishaft Aspekte im Sinne von Umschlagsphänomenen zu erwähnen (Anhang B; Transkript 8):

Sebastian: „*Hmmh, wir haben Rotkohlsaft und Branntweinessig gemischt, und dann, hmmh, hiervon so ein Streifen da rein gelegt. So klein eingetunkt und nachher an die Tafel geklebt. [...]“*

Ein erstes Nachfragen zielt darauf ab, intentionale Aspekte dieser Nachweishandlungen offen zu legen. Sebastian erinnert sich nicht an fachliche Bedeutungsinhalte der Nachweishandlungen, sondern an taktile Empfindungen, die als Folge von Testhandlungen mit Indikatorpapier aufgetreten sind (Anhang B; Transkript 10):

Sebastian: „*Ja, mit dem Waschpulver, das war dann so rauh auf dem Papier und, hmmh, mit dem Branntweinessig oder mit der Zitronensäure war das dann so glatt auf dem Papier. Und da waren dann verschiedene Farben.“*

Den fachbegrifflichen Aussagengehalt ‚verschiedener Farben‘ versteht Sebastian nicht. Zudem nennt er in der Erzählsituation keine handlungsleitenden Ziele und Absichten, die dem Tun (einen) Sinn verliehnen. Um direkteren Zugang zu seinen fachbegrifflichen Vorstellungen zu finden, wird Sebastian anschließend konkret befragt (Anhang B; Transkript 23-24):

Versuchsleiter: „*Hast Du eine Ahnung, warum sich die Farbe von dem Papier verändert hat?*

Sebastian: *Hmmh, vielleicht, weil da verschiedene Produkte sind. Also: In Branntweinessig sind ein paar Zutaten drin, die beim Atta nicht sind. Und beim Atta, die bei dem Zitronensaft drin sind. Und deswegen hat das verschiedene Farben ergeben.“*

Sebastians Idee von ‚Zutaten‘, die in den Alltagsstoffen enthalten sind, deutet eine Form stoffdifferenzierten Denkens an. Er setzt sein (intuitives) Wissen um die Zusammensetzung

der Alltagsstoffe allerdings nicht mit den relevanten Fachbegriffen in Verbindung. Zudem fokussiert Sebastian eher Unterschiede in der Zusammensetzung der Alltagsprodukte. Begriffsbildende Prozesse verlangen aber die Akzentuierung gemeinsamer Eigenschaften unterschiedlicher Objekte, bei gleichzeitiger Vernachlässigung weniger bedeutsamer Merkmale.

Auf diese Weise wird deutlich, dass die durch eigenes, versuchspraktisches Umgehen induzierten Farbphänomene in Sebastians Vorstellung mit dem Säurebegriff nichts zu tun haben (vgl. Anhang B; Transkript 30). Für ihn ist dieser eher substanzhaft-materiell bestimmt. Bekannt ist ihm die Bezeichnung Zitronensäure, die er als alltagsrelevante Säure von Säuren abgrenzt, die in chemischen Zusammenhängen vorkommen. Letztere werden – generalisierend – als ätzende, damit gesundheitsschädliche Stoffe eingestuft.

Die in seinen Sprechhandlungen präferierte Zitronensäure ist nach Sebastians Aussage gleichbedeutend mit Zitronensaft und kann daher für die Zubereitung von Salat verwendet werden (vgl. Anhang B; Transkript 32). Da Essig – genauso wie Zitronensaft – für nahrungszubereitende Zwecke Verwendung findet, inferiert Sebastian, dass Haushaltsessig auch Säure enthält – logischerweise Zitronensäure (Anhang B; Transkript 37-40):

Versuchsleiter: „[...] Und der Essig hier, hat der etwas mit ‚Säure‘ zu tun?
Sebastian: Ja, es kann sein, dass da auch ein bisschen Säure drin ist.
Versuchsleiter: Wie kommst Du darauf?
Sebastian: Ja, das da vielleicht ein bisschen Zitronensäure drin ist,
weil man benutzt Essig ja auch so für Salat oder wenn man
was braten möchte.“

Sebastian zirkuliert so in einem alltagsstofflichen Denksystem. In seinem verstehenden Bemühen denkt er geradezu weg von Nachweishandlungen mit Indikatoren. Dies zeigt sich auch beim Laugebegriff, wobei es Sebastian erkennbar schwerer fällt, eine (sinnvolle) Aussage zu konstruieren (Anhang B; Transkript 42):

Sebastian: „Ja, also es gibt ja auch, hmmh, warte, wie heißt das jetzt.
So Back-, wie heißt das jetzt. Laugenbrezel, gibt es ja
auch.“

Am Ende seines geistigen Suchprozesses nennt Sebastian das Wort ‚Laugenbrezel‘. Sein Konstrukt beruht – ähnlich der Wortassoziation Zitronensäure – auf verwandte Wortstämme.

Von den vorgelegten Stoffen werden von Sebastian zwei Reinigungsmittel der Substanzklasse Lauge zugeordnet (vgl. Anhang B; Transkript 44). Diese Klassifizierung begründet er mit einem laugespezifischen Geruch (vgl. Anhang B; Transkript 45-48).

Sebastian greift also auf sensorische Qualitäten von Alltagsstoffen zurück, um den chemischen Fachbegriff zu kennzeichnen. Der operationale Bedeutungsgehalt des Säure- und Lauebegriffs kann von ihm nicht rekonstruiert werden. Sein Scheinwissen, dass basische Stoffe anhand ihres Geruchs identifizierbar sind, kann letztlich als situatives Bemühen um eine sinnvolle Bedeutungskonstruktion angesehen werden. Ein abrufbares, fundiertes und auch subjektiv überzeugendes Wissen steht Sebastian in der Handlungssituation indes nicht zur Verfügung.

8.8.4 Problemlösendes Verhalten

Sebastian prüft zunächst die Konsistenz der drei Stoffproben. Allein die perzeptuellen Merkmale verleiten ihn aber nicht zu einer vorschnellen Aussage. Er denkt nach. Durch den Abgleich der vorgelegten Substanzen mit seinen Vorstellungen gelangt Sebastian zu einer ersten, spekulativen Antwort (Anhang C; Transkript 21):

Sebastian: „*Hmmh. Salz ist ja jetzt auch zum Beispiel eine Lauge. Dann könnte eins von denen ja vielleicht auch Salz sein!*“

Diese ist eher Ausdruck einer assoziativen Verknüpfung als eine fachliches Verstehen repräsentierende Begriffsaussage. In Sebastians primärer Repräsentation der Aufgabenstellung sind (fachliche) Handlungsschemata also ohne Bedeutung.

In der Folge schlägt er als weitere, unmittelbar auf alltagsstoffliche Qualitäten zurückgreifende Lösung vor, die Substanzproben geschmacklich zu überprüfen (vgl. Anhang C; Transkript 22-30). Auch in dieser zweiten Phase der Problembearbeitung zieht Sebastian also kein fachbegrifflich adäquates Handlungswissen heran. Für seinen subjektiv repräsentierten Problemraum sind fachliche Handlungselemente nicht von Belang.

Deutlich wird auch hier, dass der Säurebegriff bei Sebastian breiter repräsentiert ist: Vorstellungen eines zur Stoffgruppe Lauge gehörenden Stoffes kann Sebastian nicht generieren. Unter Berücksichtigung seines alltagsstofflichen Wissens wäre es Sebastian

danach nur möglich, eine Lauge durch Ausschlussprinzip (nicht-saurer Geschmack) nachzuweisen.

Mit Verweis auf gesundheitliche Risiken, die mit seinem Handlungsvorschlag verbunden sind, wird Sebastian ermuntert, nach einer weiteren, objektiv angemesseneren Lösung zu suchen. Es gelingt ihm aber nicht, seinen Problemraum mit sachlichen Wissenselementen anzureichern (Anhang C; Transkript 34):

Versuchsleiter: „Am Geschmack erkennen scheidet also aus. Vielleicht eine andere Möglichkeit?“

Sebastian: Ja. Testen.

Versuchsleiter: Wie meinst Du denn das. Mit dem ‚Testen‘?“

Sebastian: Wenn man jetzt eine Waschmaschine hätte, dann von Pulver C vielleicht was dazugeben und dann, hmmh, einfach waschen lassen. Und wenn's dann sauber ist, dann. Dann wäre es Waschmittel.“

Sebastians Testvorstellungen sind nicht auf fachlich gewachsene Wissensstrukturen zurückzuführen, in sich aber kohärent. Sebastian kommt in seinem Wechselspiel zwischen Wahrnehmung der vorgelegten Substanzen und Vorstellungen über deren Eigenschaften zu keiner adäquaten Lösung. Die offenbar von ihm selbst als unbefriedigend empfundene Situation führt schließlich zu erkennbarer emotionaler Betroffenheit (vgl. Anhang C; Transkript 48-49).

Mit Hilfe von Rotkohlsaft und Indikatorpapier als konkrete Hinweisreize wird schließlich noch einmal versucht, Zugang zu kognitiven Strukturen zu schaffen und in eine praktische Handlungssituation zu gelangen (Anhang C; Transkript 52-55):

Versuchsleiter: „Kannst Du noch etwas zu diesem Indikatorpapier sagen, was uns vielleicht bei dem Problem helfen könnte?“

Sebastian: Da war-, wir haben auch in diesen Bechergläsern, zum Beispiel Waschmittel, mit Rotkohlsaft gemischt, und dann sollten wir so ein Streifen, so einen abgerissenen Streifen da rein halten. Und dann-, wenn's eine Farbe von diesen enthält, dann ist das jetzt, eh-.

Versuchsleiter: Ja?

Sebastian: Ja, ich glaube, dann ist dann Säure enthalten.“

Sebastian bringt dabei Nachweishandlungen mit verschiedenen Indikatoren durcheinander. Zwar kommt in seiner Antwort eine gewisse Anzeigefunktion zum Ausdruck. Allerdings fällt

deren Undifferenziertheit auf, indem Sebastian grundsätzlich alle pH-Wert abhängigen Vergleichsfarben des Universalindikatorpapiers als Anzeichen für eine Säure begreift. Dies ist ebenfalls als Hinweis für eine größere Bedeutungsvalenz des Säurebegriffs zu deuten.

Obwohl Sebastians diffuses Erinnerungsvermögen und seine zugrundeliegenden Wissensfragmente registriert worden sind, werden dennoch die vorgelegten Substanzen nacheinander geprüft. Dabei geht Sebastian in der Testanwendung eigenständige Wege: Zunächst werden die (festen) Substanzproben mit Universalindikatorpapier geprüft. In der offensichtlichen Erwartung einer sichtbaren Veränderung gibt Sebastian dann nacheinander Rotkohlsaft zu den Substanzproben, um anschließend die Versuchsergebnisse zu interpretieren.

Sein situatives, zugleich auch kreatives Bemühen dokumentiert, wie individuell Sebastian sowohl in praktisch-handelnder als auch theoretisch-begrifflicher Hinsicht den Säure-Lauge-Sachverhalt verarbeitet (hat): Sebastian berücksichtigt (insbesondere) in seiner Ausdeutung nur farbliche Veränderungen des Universalindikatorpapiers. Dass Sebastian die Eigenschaft von Rotkohlsaft, dass Vorhandensein einer Säure bzw. Lauge anzuzeigen, nicht verstanden hat, wird im weiteren Verlauf der handlungsrelevanten Anforderungssituation deutlich.

Er bleibt stringent bei seiner Auffassung, dass farbliche Veränderungen des Universalindikatorpapiers einen unterschiedlichen Säuregehalt anzeigen, wobei steigende pH-Werte eine Zunahme des Säuregehalts bedeuten (vgl. Anhang C; Transkript 70-80). Folglich wird der neutral reagierenden Substanz ein im Vergleich zum sauer reagierenden Stoff höherer Säuregehalt zugeschrieben (vgl. Anhang C; Transkript 84-86). Der Laugebegriff spielt im gesamten Kontext der Aufgabenbearbeitung für Sebastian keine Rolle. Gemäß seiner funktionalen Vorstellung des Universalindikatorpapiers wird die basische Substanz von Sebastian als ein Stoff gedeutet, der am meisten Säure enthält (Anhang C; Transkript 117-119):

- Sebastian:* „Ja, enthält am meisten Säure. Und das hier ist dann auch Waschmittel, glaube ich. Weil sich das grün gefärbt hat.
Versuchsleiter: Also, wenn ich dich jetzt richtig verstanden habe, enthält das Glas C Säure. Weniger-
Sebastian: Als in Becher A. Und Becher B enthält am meisten Säure.“

Seine abschließend erstellte Ordnung macht deutlich, dass Sebastian die Aufgabenstellung im Sinne einer objektiven Bedeutungsstruktur nicht bearbeiten kann. Verstärkt wird dies noch einmal durch sein Deutungsmuster, wonach farbliche Umschlagsphänomene Alltagsstoffe wie Waschpulver anzeigen – und eben keinen sauer oder basisch reagierenden Stoff(-bestandteil). Zu ergänzen ist schließlich noch, dass Sebastian überhaupt erst durch Hilfe von außen in die Lage versetzt worden ist, fachliche Nachweisversuche durchzuführen.

8.8.5 Zusammenfassung Sebastian

Sebastians Strukturbildverknüpfungen zeigen, dass die Fachkonzepte im wesentlichen sensorisch bestimmt sind. Fachspezifische Nachweishandlungen werden von Sebastian im Kontext begrifflicher Vorgaben nicht konstruiert.

Auch in ikonischen Darstellungszusammenhängen sind fachlich-semantische Bestimmungsmerkmale für Sebastian nicht von Bedeutung. Vielmehr mischen sich stofflich-substantielle Vorstellungen mit sprachlich bedingten ‚Hybriden‘. Der multiple Stoffbezug des Säure- und Laugebegriffs kommt in Sebastians Zeichnungen nicht zum Ausdruck.

Im Kontext sprachlich freier Darstellungsmöglichkeiten artikuliert Sebastian zwar Erinnerungen an Nachweisversuche mit Rotkohlsaft, macht aber nachdrücklich deutlich, dass diese in seinem Bedeutungsverständnis mit dem Säure- und Laugebegriff nichts zu tun haben. Vertrauter sind ihm (nach wie vor) sinnliche Eigenschaften von Säuren und Laugen. Ein abrufbares, fundiertes und auch subjektiv überzeugendes Wissen steht Sebastian in der Interviewsituation nicht zur Verfügung.

Die Kohärenz seiner sinnlich geprägten Begriffsvorstellungen hält Sebastian schließlich auch in der praktischen Anforderungssituation aufrecht, indem er im wesentlichen mit sensorischen Handlungsschemata agiert. Fachlich-operationale Bedeutungsmomente sind für Sebastian (insgesamt) ohne Belang. Sein situatives Bemühen um Verstehen macht zugleich den Mangel an verstandenem (Handlung-)Wissen deutlich.

8.9 Yannick

Yannick ist zum Zeitpunkt der Untersuchung sieben Jahre alt und besucht die zweite Klasse einer Paderborner Grundschule. Seine Hobbies sind nach eigenen Angaben überwiegend im sportlich-motorischen Bereich angesiedelt: Basketball spielen, Go-Kart fahren und Kicket spielen. Als Motiv zur Teilnahme am Projekt gibt Yannick „*Spaß haben*“ an. In dieser Aussage spiegeln sich womöglich Erfahrungen, die in unmittelbaren Zusammenhang mit dem Projekt, gleichsam als dessen vorweggenommenes Ergebnis (fest-)stehen.

Im Ferienprojekt hat Yannick nach eigenen Aussagen am besten gefallen, dass „*einfach verschiedene Stoffe gemischt wurden und sich dabei unterschiedliche Farben ergeben haben*“. Yannick zielt mit dieser Aussage auf Nachweisversuche aus dem Säure-Lauge-Themenbereich ab. Angesichts dieser (fach-)unspezifischen Einordnung der Nachweisversuche ist es nicht verwunderlich, dass Yannick „*das Versuche machen*“ gut gefallen hat. Auswertende Gespräche fand er „*ein bisschen langweilig*“, den subjektiven Verstehensertrag kann er nicht konkret verbalisieren. Dies spricht in erster Linie für einen konnotativ-positiven Ertrag des Freizeitprojekts. Zwar hat Yannick keinen der Projektversuche zu Hause noch einmal wiederholt oder abgeändert. Dennoch hat er Lust, an weiteren Projekten teilzunehmen.

8.9.1 Strukturbildanalyse

Yannick hat für drei der insgesamt 18 vorgegebenen Begriffskarten in seinem Strukturbild keine strukturellen Einbindungsmöglichkeiten. Das tätigkeitskodierende Verb lösen und die vereinfachte Bezeichnung Gelber Papierstreifen gehören beide zur Handlungsstruktur des Säure- und Laugenachweis mit Universalindikatorpapier. Die Aussortierung dieser Begriffe lässt ohne Betrachtung struktureller Verknüpfungen und Bennennungen vermuten, dass Yannick Indikatorhandlungen in sprachlich-symbolischer Form nur bedingt (re-)konstruieren kann. Die Verarbeitung der Begriffskarten ergibt insgesamt ein geordnetes Bild, wobei eine Segmentierung in 2-er Begriffsgruppen überwiegt.

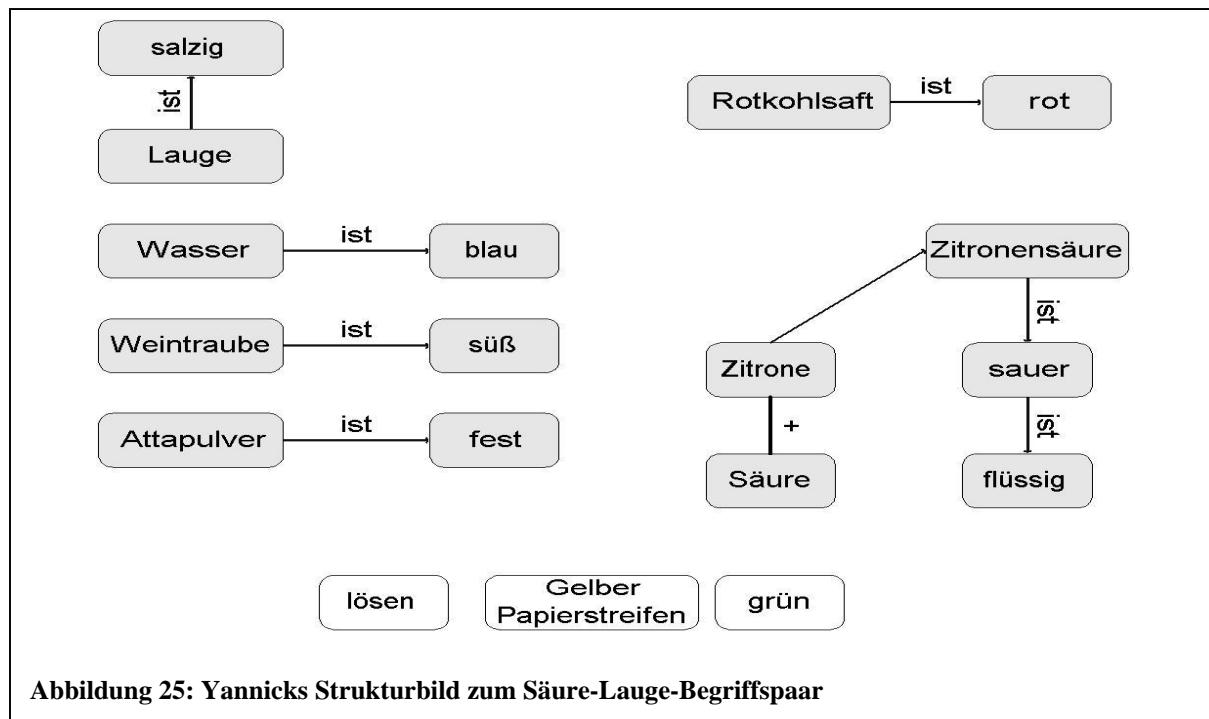


Abbildung 25: Yannicks Strukturbild zum Säure-Lauge-Begriffspaar

Die auf Grundlage der Konzeptkarten geforderten Prozesse des Suchens, Vergleichens, Wiederholens, Entscheidens und Erinnerns führen insgesamt zu inhaltlichen Aussagen, die fachlich intendierte Bedeutungen in den Hintergrund treten lassen. Die vorgegebenen Adjektive werden ausschließlich in prädikativer Weise verwendet, um stoffliche Eigenschaften anzugeben: Wasser ist für Yannick eher durch das Oberflächenmerkmal Farbe gekennzeichnet als durch den flüssigen Aggregatzustand. Entsprechendes gilt für den Indikator Rotkohlsaft, dessen farbliche Kennzeichnung zwar nicht wahrnehmungsgemäßen Objektivitäten entspricht, wohl aber aufgrund morphologischer Ähnlichkeiten abgeleitet wird. Weder die Zustandsbezeichnungen flüssig und fest noch die Farb- und Geschmacksbegriffe dienen Yannick als ordnungsstiftende Konzepte.

Dem Säurebegriff weist Yannick keine sensorischen Attribute zu; genauso wenig wird eine Bestandteilsrelation zu den Alltagsstoffen Zitrone und Weintraube geknüpft. Zitronensäure als exemplarischer Vertreter der Substanzklasse Säure wird als solche nicht benannt („ist eine“), sondern (statt dessen) durch die Merkmale sauer und flüssig gekennzeichnet. Diese stofflich-substantielle Attributierung zeigt, dass Yannick offensichtlich den flüssigen Extrakt einer Zitrone als Zitronensäure kodiert.

Der Oberbegriff Säure wird nicht attribuiert. Dessen einzige Verbindung besteht in der additiven Verknüpfung mit Zitrone zu Zitronensäure. Ob die synthetische Behandlung

sprachlich abstrakter Einheiten einem tieferliegenden Bedeutungsgehalt Ausdruck verleiht – etwa im Sinne eines Herstellungsprozesses – kann nur vermutet werden.

Mit Sicherheit kann davon ausgegangen werden, dass Yannicks Vorstellungen zum Zitronensäurebegriff nicht gleichzeitig als prototypische Repräsentation des Säurekonzepts aufzufassen sind. Diese Annahme wird durch eine fehlende Direktverbindung zwischen den Begriffen Säure und Zitronensäure und v.a. aufgrund fehlender inhaltlicher Bestimmungsmerkmale des Oberbegriffs erhärtet. Überhaupt: Yannick formuliert keine Strukturen, die den Fachbegriff als Ergebnis versuchspraktischer Erfahrungen und deren theoretischer Reflexion ausweisen.

Der Begriff Lauge wird in einer bedeutungstragenden Aussage mit dem Geschmacksbegriff salzig eingebunden. Offensichtlich werden durch den chemischen Fachbegriff bei Yannick Vorstellungen aktiviert, die zu Geschmackseigenschaften von Laugengebäck gehören. Diese Verknüpfung wird durch den gleichen Wortstamm unterstützt. Andererseits macht Yannick von der Möglichkeit, den Begriff salzig im Kontext nicht zu berücksichtigen, keinen Gebrauch.

Yannick gibt in seinem Strukturbild insgesamt keine Hinweise auf eine Nachweisbarkeit einer Säure bzw. Lauge an. Die Farbbegriffe werden folglich nicht mit den Fachkonzepten verknüpft. Auch der unabhängig von Indikatorreaktionen existente, aus der Erinnerung konstruierbare Sachverhalt, dass Alltagsstoffe (eine) Säure oder Lauge enthalten können, ist der Strukturzeichnung nicht zu entnehmen. Die affirmative Auslegung des Laugebegriffs und die additive Behandlung des Säurebegriffs sind Akte subjektiven Verstehens. Beide Deutungsmuster sind jedoch mit fachkonventionellen Bedeutungen nicht kongruent.

8.9.2 Zeichnungsinterpretation

Yannick lässt sich intensiv auf die Aufgabenstellung ein: Mit geschlossen Augen sucht er gedanklich nach Assoziationen zum Säurebegriff. Am ehesten scheint ihm dabei der Geschmack einer Säure in den Sinn zu kommen (vgl. Anhang A; Transkript 17). Schließlich stellt Yannick Bezüge zum Säurebegriff in einer kreativen Form dar.

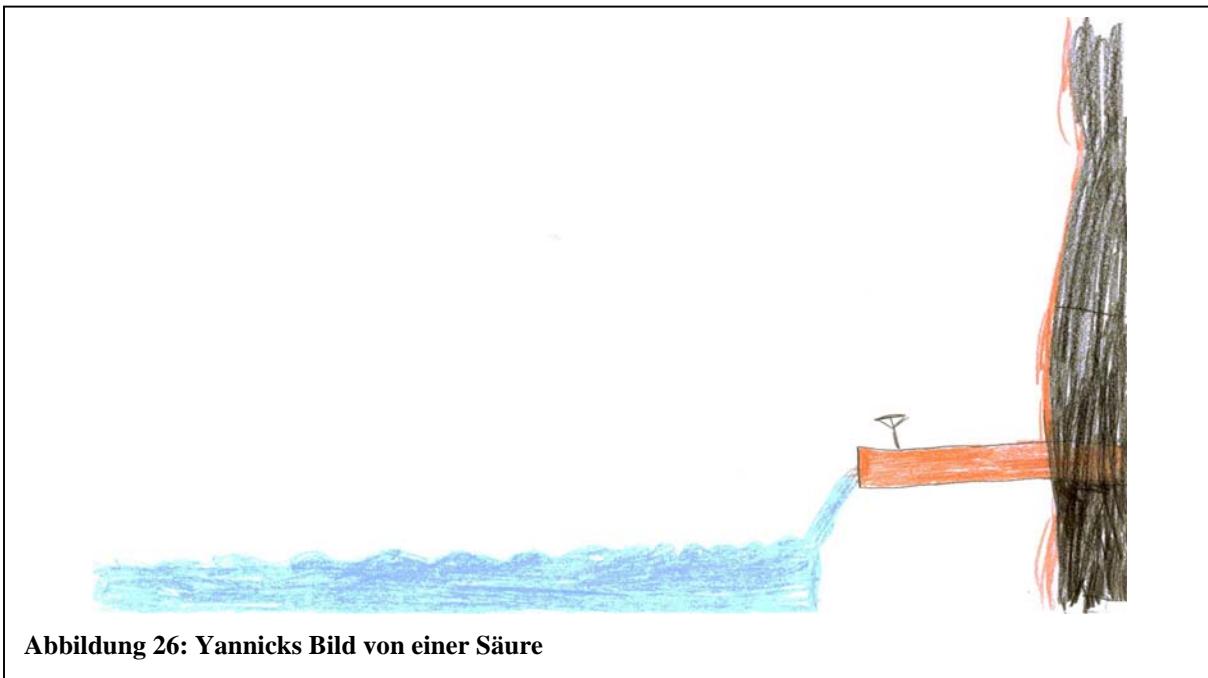


Abbildung 26: Yannicks Bild von einer Säure

In Yannicks Zeichnung sind keine Elemente zu erkennen, die unmittelbaren Bezug zu Objekten, Handlungen oder Ereignissen aus dem Kinderfreizeitprojekt aufweisen. Die dem Bild zugrunde liegenden Vorstellungen sind das Ergebnis eines kognitiven Konstruktionsprozesses, der keine kontextrelevanten Erfahrungen spiegelt. Die Zeichnung folgt eher einem Schema, dass als ‚Frei-aus-dem-Gedächtnis-heraus‘ bezeichnet werden kann. Einer formalen Beschreibung des Bildes zufolge stellt Yannick folgenden Sachverhalt dar:

Aus der Wand eines Gebäudes - möglicherweise einer Fabrik - wird eine blaue Flüssigkeit nach außen geleitet. Diese Flüssigkeit stellt wahrscheinlich (eine) Säure dar. Das Gebäude wird lediglich angedeutet, das Ableitungsrohr hingegen durch ein Hahn- oder Ventilsystem genauer gekennzeichnet. Die Zeichnung hat so schematisierenden Charakter.

Das Bild transportiert einen konnotativ negativen Bedeutungsgehalt des Säurebegriffs. Die Zeichnung erinnert an einen Sachverhalt, der einen umweltgefährdenden Bedeutungsrahmen zugeordnet werden kann. Yannicks Bild aktiviert beim Betrachter Vorstellungen, die an die Verklappung einer Flüssigkeit (Säure) in ein offenes Gewässer erinnern. Auf diese Weise liegt die Vermutung nahe, dass Yannicks Vorstellungsbild auf Wahrnehmungsgegebenheiten beruht, die ihrerseits medial vermittelt sind. Unter dieser Voraussetzung scheint die Annahme weiterhin zulässig, dass der Säurebegriff eine Flüssigkeit bezeichnet, die in industriell-

technischen Zusammenhängen vorkommt und wahrscheinlich durch gesundheitsgefährdende Eigenschaften gekennzeichnet ist.

Yannicks Bildkommentierung bestätigt die Annahme, dass es sich bei der symbolisierten Mauer um die einer Fabrik handelt, deren Aufgabe oder Funktion es ist, Säure herzustellen (vgl. Anhang A; Transkript 37-39). Yannick verbindet gedanklich mit seinem Bild noch weitere (technische) Aufbereitungsschritte. Die Verwendung der Säure konkretisiert er mit einem weiteren Schritt eines (fiktiven) Herstellungsprozesses (vgl. Anhang A; Transkript 43). Dieser wird nicht aus Sicht verfahrenstechnischer Notwendigkeiten (kausal) erklärt, sondern nur äußerlich beschrieben. Yannicks Bild und seine verbalen Ergänzungen zum Säurebegriff zentrieren also einen Handlungs- bzw. Syntheseaspekt, ohne dass er dabei mit dem stofflichen Ergebnis einen funktionalen Gebrauch mitdenkt. Erst zum Abschluss seiner Ausführungen verknüpft Yannick seinen medialen Entwurf mit Erfahrungen aus dem Projektkontext (vgl. Anhang A; Transkript 50-51). Auf der Grundlage des erinnerbaren Sachverhalts, dass Säure in Zitronen enthalten ist, schlussfolgert Yannick, dass die hergestellte Substanz eben diese Zitronensäure ist.

Yannicks Zeichnung, die er zur Vorgabe des Laugebegriffs malt, stellt ein Laugenbrötchen dar.



Abbildung 27: Yannicks Bild von einer Lauge

Ein Stoff des Alltags, der nicht als reales Objekt im Projektkontext verwendet wurde, den chemischen Fachbegriff jedoch als Wortbestandteil enthält. Offensichtlich hat Yannick – losgelöst von Projekterfahrungen – den Laugebegriff alltagsstofflich verankert. Der Begriff ist in chemisch-operationaler Hinsicht für Yannick bedeutungslos. Elemente, die den Fachbegriff als Ordnungs- und Sammelkern - etwa für basisch reagierende Wasch- und Reinigungsmittel - ausweisen, oder auch Elemente von Nachweishandlungen mit Indikatoren fehlen in Yannicks Zeichnung.

Die einzige, schließlich auch verbal formulierte Idee, die Yannick zum Begriff Lauge hat, ist deren salziger Geschmack (vgl. Anhang A; Transkript 112). Diese Assoziation kommt in Yannicks Zeichnung vehement durch die großen, gelb gezeichneten Salzkörper zum Ausdruck. Die (geschmackliche) Eigenschaft des Alltagsprodukts Laugenbrötchen wird von Yannick auf den Fachbegriff transferiert. Auf diese Weise erfährt der Laugebegriff eine für Yannick sinnvolle und zufriedenstellende semantische Bestimmung. In seinem verstehenden Bemühen, in der konkreten Handlungssituation zu agieren, kann Yannick nicht auf Strukturen zurückgreifen, die Ergebnis eines fachbegrifflichen Aufbauprozesses sind.

8.9.3 Interviewanalyse

Yannicks erste Äußerungen auf die offen gestellte Eingangsfrage können unter semantischer Perspektive kaum ausgedeutet werden, da seine Darstellung nur beschreibende Fragmente beinhaltet (Anhang B; Transkript 11):

Yannick: „Diesen Rotkohlsaft, den hatten wir ja auch gemacht. Den hat Simone gemacht, hmmh, auf dem Herd haben wir den so gekocht, ne? [...] Dann hattest Du das hier vorne alles so hingestellt, und dann durften wir uns immer eins nehmen und das ausprobieren, mit so einer Farbe mischen. Welche Farbe das dann wird. [...]“

Yannick hinterlegt seine Rekonstruktion ohne Ziele, die Rückschlüsse auf ein fachbegriffliches Verständnis zuließen. Vielmehr ging es aus seiner Sicht im Lernkontext zentral darum, mit Rotkohlsaft ‚Farben zu mischen‘.

Nachdem Yannick zu verstehen gegeben hat (vgl. Anhang B; Transkript 15), selbstständig keine weiteren Aussagen zu den bereitgestellten Materialien formulieren zu können, wird er

zu ersten Konkretisierungen seiner zuvor geäußerten Erinnerungsbausteine aufgefordert (Anhang B; Transkript 16-17):

Versuchsleiter: „[...] Du hast vorhin zu dem Rotkohlsaft etwas erzählt. Das habe ich nicht mehr so ganz in Erinnerung. Kannst Du mir noch sagen, was wir damit gemacht haben?“

Yannick: Ich glaube, da haben -. Ich weiß es auch nicht mehr so ganz. Aber, hmmh, ich glaube, dass wir das dann auch so mit diesem Band gemischt haben. Und das dann so reingehalten haben. Und das sich das dann angezogen hat.“

Yannicks Wissensdefizit führt dazu, dass in seiner Vorstellung Nachweishandlungen mit Rotkohlsaft und Indikatorpapier vermischt werden. Konkretes, gegenständliches Mischen ist das einzige sinnvolle Handlungsschema, dass Yannick aktivieren kann – etwa auch im Zusammenhang mit einer Zitrone (vgl. Anhang B; Transkript 21). Dabei einhergehende Umschlagsphänomene sind für ihn ohne symbolische Aussagekraft und werden auch nicht konkret bezeichnet. Es verwundert somit nicht, dass der zentrale Kategorisierungsvorgang auf Grundlage von Umschlagsphänomenen (und die damit verbundene fachbegriffliche Merkmalsbestimmung) von Yannick ebenfalls nicht mehr regeneriert werden kann (vgl. Anhang B; Transkript 22-23).

Der Säurebegriff, der im weiteren Verlauf des Interviews konkret genannt wird, stellt für Yannick folglich auch keinen Rahmen bereit, in dem er seine ungeordneten Erinnerungen einsortieren könnte (Anhang B; Transkript 25):

Yannick: „Hmmh. Das hatten wir, hmmh, so an die Tafel gemacht, das wir dann, wo man denkt, wo Säure drin ist. Da hatten wir da ‚Säure‘ stehen und da, glaube ich, hmmh, was war da noch mal, hmmh, Lauge!“

In Yannicks Aussage schwingt vielmehr ein Nicht-Verstehen des Gesamtzusammenhangs mit. Für ihn sind Begriffe wie Säure und Lauge sinn-los, die überhaupt erst nach längerer Zeit des Überlegens wieder genannt werden können. Das Unverständnis für entsprechende Nachweishandlungen mit Rotkohlsaft wird auch nachdrücklich deutlich, als Yannick Stellung zu den bereitgestellten Weintrauben und deren Einbindung in versuchspraktische Zusammenhänge des Projekts nimmt (vgl. Anhang B; Transkript 31-33). Aus der Tatsache,

dass Weintrauben für gewöhnlich süß schmecken, zieht Yannick die Schlussfolgerung, dass darin keine (sauer schmeckende) Säure enthalten sein kann.

(Auch) Stoffnamen von Säuren sind ihm nach eigenem Bekunden nicht (mehr) geläufig (vgl. Anhang B; Transkript 36-37). Aus der stofflichen Vorlage identifiziert Yannick Essig und Zitronensaft als säurerelative Stoffe (vgl. Anhang B; Transkript 39). Dabei zeigt sich Yannicks dominante Eigenschaftsvorstellung, wonach er allein eine saure bis bittere Geschmacksqualität als klassifizierendes Säuremerkmal heranzieht. Säuren gewinnen an Identität, indem sie innerhalb des Geschmacksspektrums sauer bis bitter von Yannick angesiedelt werden (vgl. Anhang B; Transkript 41).

Der sensorischen Bestimmtheit des Säurebegriffs steht der Laugebegriff semantisch leer gegenüber. Eine Lauge hat nach Yannicks subjektiver Überzeugung einen anderen Geschmack als eine Säure, den er aber nicht zu bestimmen weiß. In Yannicks Verständnis zeigt sich die begriffliche Antagonie auf der Ebene geschmacklicher Eigenschaften und (eben) nicht im Reaktionsverhalten gegenüber Indikatoren.

Zwar kann sich Yannick noch einmal daran erinnern, dass bei Nachweisversuchen mit Indikatorpapier eine „Farbe da wieder rausgekommen ist“ (Anhang B; Transkript 43). Aufgrund fehlenden Zusammenhangswissens kann er dieses Phänomen jedoch nicht deuten. Die zum Einsatz gekommenen Indikatoren sind nach Yannicks verbal generierten Vorstellungen funktionell bedeutungslos und zudem ohne Gemeinsamkeiten (vgl. Anhang B; Transkript 46-47).

Es verwundert daher auch nicht, als Yannick abschließend eine Überprüfung der Geschmacksqualitäten der vorgelegten Substanzen vorschlägt, um deren saure oder basische Identität zu bestimmen (vgl. Anhang B; Transkript 54). Wie labil, anfällig und auch gefährlich dieses alltagsstoffliche Bestimmungsmuster ist, zeigt sich in Yannicks Einschätzung von Salzsäure, von der er glaubt, dass die „so ein bisschen salzig schmeckt, so wie Salzwasser“ (Anhang B; Transkript 55).

8.9.4 Problemlösendes Verhalten

Aufgrund der äußereren Struktur der vorgelegten Stoffe vermutet Yannick, dass es sich dabei um Zucker, Waschmittel und gekörnte Seife handelt (vgl. Anhang C; Transkript 3-6). Offensichtlich aktiviert Yannick ein Schema ‚Weißes Pulver‘, um die stofflichen Vorgaben zu assimilieren.

Das quasi identische Aussehen der Stoffe verleitet Yannick aber auch nicht zu einer vorschnellen kategorialen (Zuordnungs-)Aussage, was überrascht. Yannick scheint vorsichtig, fast überlegend zu handeln (Anhang C, Transkript 7-8):

Versuchsleiter: „Sag mal, Yannick. Könnten denn die Stoffe auch etwas mit Säure oder Lauge zu tun haben?“

Yannick: „Hmmh. Ich glaube nicht. Nur, hier könnte ein bisschen Säure drin sein oder Lauge. Weil, das ist so ein Waschmittel, wo das dann, hmmh-. Also aus dem Pullover, was, hmmh, das bekämpft das, und das wird dann rausgewaschen.“

Gerade durch die äußere Ähnlichkeit der vorgelegten Substanzen wird ein Denkmuster von Yannick erkennbar, wonach alltagsstoffliche Eigenschaften mit denen chemischer Substanzen (erklärend) vermischt werden. In dieser Hybridvorstellung wird die reinigende Wirkung von Waschmittel mit dem Vorhandensein einer Säure oder Lauge begründet.

Yannick überträgt in einem zirkulären Denkprozess sein Wissen um die Wirkung von Waschpulver auf den Säure- bzw. Laugebegriff. Da er zugleich nicht zwischen sauren und basischen Stoffen differenziert, wird offensichtlich beiden Konzepten eine i.w.S. aggressive (Eigenschafts-)Wirkung beigemessen, was er auf Nachfragen bestätigt (vgl. Anhang C; Transkript 9-11).

Zugleich fällt auf, dass Yannick die spekulierende Frageebene verlässt. Der in den Blick genommene Stoff wird von Yannick tatsächlich als Waschmittel angesehen und entsprechende Eigenschaften zugeschrieben. Yannick ist in der Handlungssituation nicht in der Lage, die Stoffe abstrakt-distanziert zu behandeln, wie dies in experimentellen Handlungszusammenhängen notwendig erscheint. Auf diese Weise werden (wohl) auch Schwierigkeiten prozessualen Verstehens im Projektkontext dokumentiert, in deren Verlauf Begriffsinhalte mit Hilfe von Alltagsstoffen entfalten worden sind.

Angesichts seiner Vorstellung über reinigende Wirkeigenschaften überrascht es nicht, dass Yannick die (angebliche) Seife zur Substanzklasse Lauge zählt – wenngleich dies formal auch für Substanzen zutreffen sollte, die seiner subjektiven Säurevorstellung entsprechen.

Eine Fragestellung, die Yannick helfen soll, fachlich notwendige Operationsstrukturen zu aktivieren, bleibt ohne Wirkung (Anhang C; Transkript 17-18):

Versuchsleiter: „Weißt Du denn auch noch, was wir mit Säuren und Laugen in unserem Projekt gemacht haben? Sagt Dir das nichts mehr?“

Yannick: Habe ich nicht mehr in Erinnerung. Nur: Wir hatten so einen Plan und dann sollten wir uns was nehmen und das mit Rotkohlsaft mischen. Und was es dann für eine Farbe gibt, dahin schreiben.“

Yannick weiß erkennbar nicht, was in der konkreten Anforderungssituation zu tun ist, um den Säure- bzw. Laugebezug der vorgelegten Substanzen festzustellen. Die emotionslos-distanzierte, reproduktiv-beschreibende Aussage lässt erkennen, dass Yannick mit den geschilderten Tätigkeiten keine (ihm) sinnvolle Vorstellung verbindet. Er kann zwar Wahrnehmungsmomente insofern erinnern, als dass in Folge des Mischens mit Rotkohlsaft farbliche Veränderungen aufgetreten sind. Diese haben für ihn jedoch keine Bedeutung. Seine weitere Antwort (vgl. Anhang B; Transkript 26) liefert dann auch keine in Ansätzen zu erkennende Zielperspektive des Handlungsgeschehens, die auf einen fachlich geprägten Begriffsaufbauprozess schließen lässt.

Es werden dennoch – nicht nur aufgrund pädagogisch-sinnvoller Motive – mit Yannick im Anschluss Indikatorversuche mit Rotkohlsaft durchgeführt. Auch wenn seine theoretischen Vorüberlegungen zur Bearbeitung der gestellten Aufgabe nicht erfolgversprechend sind, so ist zumindest die Möglichkeit einer handlungsunterstützenden Aktivierung fachlicher Gedächtnisinhalte in Betracht zu ziehen.

Yannick ist freudvoll bei der Sache, als es um die Durchführung von Nachweisversuchen mit Rotkohlsaft geht. Seine Verhaltensunsicherheiten sind (aber) Beleg dafür, dass Yannick auch praktische Handlungserfahrungen aus dem Projektkontext nicht dauerhaft hat konservieren können. Es sind weder auf begrifflich-theoretischer Ebene noch auf praktisch-handlungsorientierter Perspektive sachlich-objektive Bedeutungserfahrungen vorhanden.

Nichtsdestotrotz eröffnen aktuelle Umschlagsphänomene bei Yannick Zugang zu Vorstellungsbildern, die auf Wahrnehmungen aus dem Projektkontext beruhen. Yannick synthetisiert aus diesen gedächtnismäßig repräsentierten Vorstellungsbildern und den perzeptuellen Eigenschaften der vorgelegten Substanzen eine für ihn sinnvolle Antwort. Die grünliche Farbveränderung ist für Yannick ein Indiz dafür, dass es sich bei der entsprechenden Substanz um Seife handelt (vgl. Anhang C; Transkript 28). Die Umschlagsphänomene der neutral und sauer reagierenden Stoffe können von Yannick (allerdings) nicht interpretiert werden (vgl. Anhang C; Transkript 30-36).

Die Tatsache, dass Yannick einen grünlichen Farbumschlag als Indikator für Seife betrachtet, deutet auf der einen Seite Verständnis und Akzeptanz an, durch eine versuchsähnliche Handlung ein (stoffliches) Objekt zu kodieren bzw. zu identifizieren. Auf der anderen Seite wird durch diese Aussage nachhaltig auf die Schwierigkeit aufmerksam gemacht, einen spezifischen Farbumschlag als begriffsrelevante Eigenschaft zu akzeptieren, um nach außen hin unterschiedliche Einzelstoffe zusammenzufassen bzw. zu ordnen.

Das Farbphänomen der neutral reagierenden Substanz nach Zugabe von Rotkohlsäft wird von Yannick auf das Nicht-Vorhandensein „eines besonderen Stoffes“ (Anhang C; Transkript 38) zurückgeführt. Gleichzeitig wird der Stoff von Yannick als Zucker behandelt. Fast macht es den Eindruck, als stelle Yannick die Transparenz der kristallinen Substanz in einen Kausalzusammenhang mit der farblichen Konstanz. Daher wird Yannick abschließend noch einmal zu der Ursache der Umschlagsphänomene befragt.

Das Zustandekommen der Farben wird von Yannick mit „anderen Sachen“ begründet, die „Lauge und Säure und so was“ (Anhang D; Transkript 40) repräsentieren. Seine Formulierung macht auf Schwierigkeiten aufmerksam, sich sauer und basisch reagierende Substanzen als Bestandteile homogen aussehender Stoffe vorzustellen. Yannicks Problem besteht v.a. darin, dass Säuren und Laugen (als Sachen) nicht unmittelbar wahrnehmbar und im vorliegenden Fall auch nicht vorstellbar sind. Es fällt ihm erkennbar schwer, die reproduzierte Bestandteilsaussage („ist enthalten“) mit dem homogenen Aussehen der vorgelegten Substanzen in Einklang zu bringen. Da zwei der Substanzen eine (weiße) Eigenfarbe haben, kann sich Yannick Umschlagsphänomene wohl am ehesten bei diesen vorstellen.

8.9.5 Zusammenfassung Yannick

Yannicks Verhalten in den methodischen Nachuntersuchungen ist insgesamt Beleg nicht gelungener Verstehensprozesse: Er kann zum Säure-Lauge-Konzept keine fachlich-operationalen Bedeutungsmuster generieren.

Yannick formuliert in seinem Strukturbild keine Propositionen, die die Fachbegriffe in einen versuchspraktischen Zusammenhang und dessen theoretischer Aufarbeitung stellen. Statt dessen treten vorzugsweise Verknüpfungen auf, die als sprachlich-bedingte Vorstellungsmuster zu werten sind.

Diese finden sich auch in Yannicks zeichnerischen Darstellungen wieder, wobei seine Zeichnung zum Laugebegriff (Laugenbrötchen) deutlicher als seine Säurebegriffszeichnung (Zitronensäure) sprachlich beeinflusst ist. Es ist daher nicht verwunderlich, dass Yannick in der freien Interviewsituation bis auf seine antagonistisch-sensorischen Begriffsvorstellungen keine fachlich relevanten Aussagen äußern kann.

Yannicks problemlösendes Verhalten dokumentiert schließlich, dass er nicht die Notwendigkeit erkennt, die vorgelegten Substanzen fachspezifisch zu untersuchen. Selbst eine praktisch-handlungsorientierte Kompetenz kann aus Yannicks situativem Verhalten nicht erschlossen werden.

9. Zusammenfassung und Diskussion

9.1 Zusammenfassung - Verstehen des Säure-Lauge-Konzepts

In der vorliegenden Arbeit ist das dispositionelle Verstehen des Säure-Lauge-Begriffspaars von neun Kindern im Grundschulalter untersucht worden. Grundlage für begriffliche Aufbauprozesse bildeten Lernangebote im Rahmen eines dreitägigen Freizeitprojekts, das an der Universität Paderborn durchgeführt wurde.

Ergebnisorientiertes Verstehen ist – in allgemeiner Form – als subjektive Fähigkeit herausgestellt worden, einen Sachverhalt und dessen Bedeutung kognitiv einzuordnen. In diesem Sinne meint Verstehen kein flüchtiges, momenthaftes Ereignis, sondern einen Vorgang, der zu neuen, längere Zeit zur Verfügung stehenden begrifflichen Mitteln führt. Dabei ist zusätzlich dargestellt worden, dass Begriffe als idiosynkratische Denkeinheiten nicht mit konventionellen Bedeutungsmustern übereinstimmen müssen (vgl. Kap. 4.2).

Zum Gegenstand der Untersuchung wurde das Säure-Lauge-Begriffspaar bestimmt (vgl. Kap. 6). Das Säure-Lauge-Begriffspaar ist als chemisches Grundkonzept aufzufassen, das in seiner operationalen Bedeutungsstruktur

- als kind- und voraussetzungsgemäßer Lerngegenstand eingeschätzt,
- durch eigentätige und handlungsintensive, damit quasi-experimentelle Zugriffsweisen erfahren und
- (dadurch) unter Berücksichtigung didaktischer und pädagogisch-psychologischer Erkenntnisse als interessenrelevant gekennzeichnet

werden kann. Zudem weisen vielfältigste didaktisch-methodische Materialien für Lernende der Klassen 1-4 sowie chemiedidaktische Veröffentlichungen (vgl. z.B. Voglhuber 2000; XLAB 2005) das Säure-Lauge-Begriffspaar als Standardthema aus, um (jungen) Kindern erste chemische Sacherfahrungen zu ermöglichen und gleichzeitig einen Beitrag zu einem

systematischen Wissenserwerb im physikalisch-chemischen Phänomenbereich zu leisten (vgl. Lück 1999, S. 47).

Unter der Voraussetzung eines einsichtigen Begriffsbildungsprozesses sollten die Probanden in der Lage sein, fachlich relevante Aspekte des Säure-Lauge-Konzepts im Rahmen von vier methodischen Anforderungssituationen zu rekonstruieren. Die minimale Anforderung an einen Begriff wird darin festgemacht,

- eine bestimmte Erscheinung wiederzuerkennen,
- sie zu identifizieren und
- (dazu) Stellung nehmen zu können (vgl. Aebli 1981, S. 89).

Bis auf den ältesten Untersuchungsteilnehmer Jan (vgl. Kap. 8.4.) gelingt es den Untersuchungsteilnehmern nicht – trotz der freiwilligen Bereitschaft zur kognitiven Auseinandersetzung – zu einem objektiv angemessenen, bewusst verfügbaren Verständnis einer operationalen Bedeutungsstruktur des Säure- und Laugebegriffs zu gelangen. Bereits mit dem Abstand von ca. sechs Monaten zur Projektsituation verliert aber auch Jan deutungsmächtiges Detailwissen. Es ist nicht auszuschließen, dass mit zunehmendem zeitlichen Abstand zum Untersuchungszeitraum Jans Deutungskompetenz weiterhin abgenommen hat.

Obwohl Kinder wie Charlott (vgl. Kap. 8.1) oder Sebastian (vgl. Kap. 8.8) nicht verstehen, dass in Folge quasi-experimenteller Handlungen mit Indikatoren Alltagsstoffe chemisch systematisiert und klassifiziert werden können, kommen sie zu subjektiv stimmigen Konzeptvorstellungen, die auch in praktischen Anforderungssituationen verhaltenswirksam werden. Das Phänomen dieses subjektiven Überzeugungs- und Handlungswissens im Umgang mit Stoffen ist auch aus Untersuchungen zu erwachsenem Verbraucherverhalten bekannt (vgl. Becker 1990).

Die Tatsache, dass versuchspraktisch-experimentell herbeigeführte Umschlagsphänomene als Indikator für Alltagsstoffe wie z.B. von Yannick (vgl. Kap. 8.9.) betrachtet werden, deutet zwar Verständnis an, durch eine versuchsähnliche Handlung ein Objekt zu kodieren und eine Nachweishandlung zu begreifen. Aber gleichzeitig wird nachhaltig auf die Schwierigkeit aufmerksam gemacht, häufig als Mischfarbe interpretierte Umschlagsphänomene als

begriffsrelevante Merkmale zu akzeptieren. Perzeptuelle – also äußerlich wahrnehmbare – bzw. sinnlich-wahrnehmbare Stoffqualitäten sind häufig dem Denken vertrauter, wie dies z.B. bei Marc (vgl. Kap. 8.6) deutlich erkennbar ist.

Die äußere und z.T. auch im Sinne von Wirkenschaften innere Ähnlichkeit von Stoffen – etwa als Kategorien ‚Obst‘ (vgl. Kap. 8.6.2) oder ‚Reinigungsmittel‘ (vgl. Kap. 8.2.2) – verdeutlicht das verstehende Bemühen der Kinder, zu sinnvollen Aussagen in einem chemischen Begriffskontext zu kommen. Eine i.w.S. als perzeptuell einzustufende Ähnlichkeit der Alltagsstoffe wird zum Anlass genommen, um die Begriffe Säure und Lauge zu bestimmen. Dies führt aus fachlicher Perspektive letztlich zu einem unreflektierten Umgang mit den Begriffen.

Neben rudimentärem, unsicher gehandhabtem Fachbegriffswissen, das bei Christopher (vgl. Kap. 8.2) festgestellt werden kann, ist bei den jüngsten Untersuchungsteilnehmern wie Marc (vgl. Kap. 8.6) oder Yannick (vgl. Kap. 8.9) keine kognitive Wirkung entsprechender Sacherfahrungen nachweisbar. Dennoch bewerten die Kinder die Handlungssituation ‚Chemisches Freizeitprojekt‘ konnotativ positiv (vgl. Kap. 8.1-8.9).

9.2 Das Säure-Lauge Konzept - interindividuelle Verstehenskonstrukte

Durch vergleichende Betrachtung und Zusammenführung einzelfallanalytischer Ergebnisse lassen sich typische, gleichsam übergreifende Denkmuster herausschälen. Diese markieren als Hypothesen zugleich Ausgangspunkte für weiterführende Forschungsarbeiten:

- I. Der Säurebegriff wird – mehr als der Laugebegriff – als Ordnungskonstrukt verstanden, um eine alltagsstoffliche Objektmenge zusammenzufassen. Die zugrundegelegten, begriffsrelevanten Attribute sind allerdings v.a. stofflich-sensorischer Natur. Für den Säurebegriff bzw. den darunter subsumierten Stoffen sind in diesem Sinne der saure (bittere) Geschmack und eine flüssige Konsistenz besonders kennzeichnend. Der Laugebegriff wird am ehesten durch Stoffe bzw. deren Eigenschaften bestimmt, die einen salzigen Geschmack und – vereinzelt – eine feste Konsistenz haben.

II. Alltagsstoffliche Bestimmungsmuster des Säure-Lauge-Konzepts lassen sich durch fachspezifische Identifizierungsverfahren kaum ablösen. Das ist selbst für ältere Schüler ein großes Problem (vgl. Sumfleth/Geisler 2001) und schon lange eine didaktische Herausforderung. An sinnlichen Geschmacks- und Geruchsüberprüfungen als Nachweishandlungen wird trotz didaktisch inszenierter kognitiver Konfliktsituationen festgehalten, wonach sich etwa in süß schmeckenden Lebensmitteln mit Hilfe von Indikatoren sauer reagierende Bestandteile nachweisen lassen.

Die Untersuchungsteilnehmer verstehen das Säure-Lauge-Begriffspaar im wesentlichen noch in der Art wie vor der aktiven Lernauseinandersetzung: Ihr konzeptueller Zustand (*conceptual state*) bleibt unverändert. Eine konzeptuelle Erweiterung (*conceptual growth*) findet nicht bzw. kaum statt. Dies wird eindringlich in der praktischen Problemsituation deutlich, in der ein fachlich determiniertes Denkverhalten im Sinne

- des Aufstellens von Vermutungen und
- deren Überprüfung mit Hilfe einfacher Versuche oder durch den Vergleich von Erfahrungen

kaum auftritt. Eine konzeptuelle Veränderung (*conceptual change*) ist nahezu auszuschließen.

III. Fast alle Untersuchungsteilnehmer haben trotz ihres Lernwillens im wesentlichen keine neuen Begriffs- und auch nur in eingeschränktem Maße praktische Handlungskompetenz erworben, um sauer oder basisch reagierende Substanzen nachzuweisen. Verstehen im Sinne einer handlungsmäßigen Könnerschaft (vgl. Reusser/Reusser-Weyeneth 1994, S. 11) zur Durchführung von Nachweisversuchen mit Indikatoren lässt sich nur bei zwei Teilnehmern – Christopher (vgl. Kap. 8.2.4) und Jan (vgl. Kap. 8.4.4) – nachweisen. Die handlungsintensive Gestaltung (vgl. Kap. 5) des Projektkontexts ist zwar nach Aussagen der Untersuchungsteilnehmer (vgl. Kap. 8.1-8.9) motivierend, wird aber psychomotorisch im wesentlichen nicht konserviert.

- IV. Die Untersuchungsteilnehmer verfügen für den Säurebegriff über eine breitere Vorstellungsbasis als das für den Laugebegriff der Fall ist. So wird in der zeichnerischen Untersuchungssituation häufig ein stofflich-mengenmäßiges Gedächtnisabbild des Säurebegriffs deutlich. Geht man grundsätzlich davon aus, dass der Laugebegriff im kindlichen Vorwissen geringer als der Säurebegriff determiniert ist (vgl. Sebald/Häusler 1987), so repräsentieren fachspezifische Versuchs- bzw. Nachweishandlungen offensichtlich einen Bedeutungsinhalt, den Kinder im Grundschulalter nur sehr eingeschränkt subjektiv-sinnvoll nachkonstruieren und damit zur Begriffsbestimmung des Laugebegriffs nutzen können.
- V. Vertraute Eigenschaften (und Funktionen) von Alltagssubstanzen wie der saure bis bittere Geschmack von Essig (vgl. z.B. Kap. 8.5.4) oder die i.w.S. aggressiven Wirkeigenschaften von haushaltstypischen Reinigungsmitteln (vgl. z.B. Kap. 8.4.5) werden zur semantischen Bestimmung des Säure- und Laugebegriffs herangezogen. Dies geschieht nicht auf der Ebene einzelner Substanzen, sondern auf Oberbegriffs- bzw. Substanzklassenbegriffsebene.
- VI. Einige Bedeutungsmuster, die von den Untersuchungsteilnehmern mit den fokussierten Fachkonzepten in Verbindung gebracht werden, lassen sich in das Kategorisierungsschema von Sumfleth/Geisler (vgl. 1997) einordnen. Dies betrifft sprachlich bedingte Fehlvorstellungen etwa der Form ‚Zitronensäure besteht aus Zitrone und Säure‘ oder alltagsweltlich bestimmte Vorstellungen über den Gefahrenaspekt von Säuren etwa der Form ‚Säuren sind ätzend und gefährlich‘. Es sieht so aus, als ob subjektive Bedeutungsmuster des Säure-Lauge-Begriffspaares altersunabhängig und so dominierend sind, dass sie sich durch eine frühzeitige Sachbegegnung nicht korrigieren lassen. Diese Einschätzung ist sehr bedenklich – vor allem im Hinblick auf eine intensivere Behandlung chemischer Konzepte im Sachunterricht der Grundschulen (vgl. Kap. 1; Kap. 9.1).
- VII. Eine handlungsintensive chemische Sachbegegnung, die auf selbstbestimmter Teilnahme in der schulischen Freizeit beruht, wird trotz des bescheidenen kognitiven Ertrags rückblickend positiv bewertet. Zwar haben die Aussagen der

Kinder einen undifferenzierten, erlebnishaft-deskriptiven Charakter und sind daher nur als Begleitergebnis der vorliegenden Untersuchung zu werten. Aber auch umfassende Filmaufnahmen des Verhaltens der Kinder dokumentieren ein angenehmes, freudvolles und positives Klima während des Freizeitprojekts. Die Negierung oder Diversifikation des (reduzierten) Sinngehalts chemischer Grundbegriffe bei der Einordnung in das individuelle Denken hat also nicht zur Folge, dass die Kinder den Handlungsansatz ‚Freizeitprojekt‘ negativ bewerten. Dies spricht dafür, dass die Motive zur Teilnahme nicht durch themenspezifische Präferenzen, sondern durch inhaltsübergreifende Faktoren motiviert und verstärkt worden sind.

Diese Komprimierung individueller Verstehensleistungen ist abschließend auf der Grundlage einer erweiterten Akzentuierung des Verstehensbegriffs zu diskutieren. Diese reflexive Betrachtung des methodischen Instrumentariums der Untersuchung ist darin mit eingeschlossen.

9.3 Diskussion der Ergebnisse – entwicklungspsychologische Fokussierung

Erfolgreiches Verstehen – modelliert als Wechselspiel assimilierender und akkomodierender Prozesse – hat die Integration einer Sache und deren Bedeutung in das subjektive Handlungs- und Begriffswissen (vgl. Kap. 4.1; 4.2) zur Folge. Nicht-Verstehen ist demnach als misslingender begrifflicher Aufbau- oder Integrationsprozess aufzufassen. Folge ist, dass weder subjektiv sinnvolle noch objektiv angemessene Bedeutungsmuster generiert und konserviert werden können. Es erscheint an dieser Stelle sinnvoll und notwendig, die von den Untersuchungsteilnehmern erbrachten Verstehensleistungen unter Subjekt- und Objektbezügen zu diskutieren, die als Bedingungen für Verstehen grundsätzlich mitzudenken sind (vgl. Kap. 2.3).

Entwicklungspsychologische Theorien stellen menschliche Fähigkeiten zum Verstehen in Abhängigkeit der Ontogenese subjektiver Wissens- und Denkstrukturen dar – allerdings in unterschiedlichem Umfang. Nach Piaget vollzieht sich die geistige Entwicklung von einem handlungsbasierten Wissen (ausgehend) hin zu einer formalen Denkfähigkeit, indem sich inhaltsübergreifende Denkschemata entwickeln. Die geistige Entwicklung wird als genereller Prozess konzeptualisiert, der für alle kognitiven Phänomene und Funktionen Gültigkeit

beansprucht. Das Denken von Grundschulkindern ist gemäß der Piagetschen Stadieneinteilung v.a. konkret-operational geprägt. Danach sind Kinder etwa in der Lage, Quantitäten und Zahlen mental zu behalten oder auch Objekte und Dinge nach mehr als zwei gemeinsamen Merkmalen zu klassifizieren (vgl. Mussen et al. 1993, S. 305ff.). Allerdings ist damit immer noch die Voraussetzung verbunden, dass Kinder nicht nur die Objekte ihres Handelns als konkret anschauliche oder sprachlich-symbolische Stützen vor sich haben, sondern auch alle Operationen mit diesen Objekten real ausführen können.

Aus dem Blickwinkel gegenwärtiger entwicklungspsychologischer Forschung zur kognitiven Entwicklung gilt das Stadienmodell von Piaget als überholt (vgl. zur Kritik Reusser 1998, S. 24ff.). Kognitive Entwicklungsprozesse werden demnach nicht durch inhaltsunabhängige Strukturen bestimmt, sondern hängen im wesentlichen von dem bereits vorhandenen Wissen in einem spezifischen Inhaltsgebiet ab (vgl. Stern 2002). Es ist somit davon auszugehen, dass Kinder in einem mathematischen oder physikalischen Inhaltsgebiet bereits sehr fortgeschritten kognitiv operieren können, in anderen – möglicherweise chemischen - Inhaltsgebieten bei vergleichbar anspruchsvollen Aufgaben jedoch nicht (vgl. Möller et al. 2002, S. 177).

Die entwicklungspsychologische Forschung hat sich in ihrem Bemühen, bereichsspezifisch wachsende Inhaltsbereiche zu rekonstruieren, vorzugsweise denjenigen Domänen (Physik, Biologie, Psychologie und Mathematik) zugewandt, die für ein unmittelbares Realitätsverständnis konstitutiv sind (vgl. Sodian 1998, S. 632), die chemische Domäne also bewusst ausgeklammert. Auch aus sachunterrichtsbezogenen Untersuchungen zum naturwissenschaftlichen Lernen ist bislang nur bekannt, dass Grundschulkinder in technischen (vgl. Möller 1991) oder physikalischen Zusammenhängen (vgl. Spreckelsen 1995) eine kausale Denkfähigkeit zeigen und entwickeln können, die zu größeren mentalen Umstrukturierungen führt und somit Resultat erfolgreicher Verstehensprozesse ist. Anzunehmen ist, dass die Elaboration neuer Wissens- und Denkstrukturen in diesen Domänen auf die Gegenständlichkeit der Handlungselemente zurückzuführen ist (vgl. Biester 1991). Auch in neueren, grundschulbezogenen Untersuchungen zum Aufbau eines konzeptuellen Verständnis physikalischer Inhalte wie Dichte und Auftrieb (vgl. Möller et al. 2002) wird dies deutlich.

Für chemische Begriffe wie das hier betrachtete Säure-Lauge-Konzept existiert eine Gegenständlichkeit nur im tätigen Umgang mit Stoffen. Das erklärende Potential kann mental

nicht gegenständlich abgebildet werden – wie dies für sehr viele, chemisch-abstrakte Konzepte zutrifft. Die Chemie sucht und kennzeichnet „Verborgenes, als das, was wir heute im engeren Sinne Physik nennen. Die chemischen Vorgänge stecken im Inneren der Dinge, viel differenzierter als Wärme und Elektrizität, während Licht mit der Oberfläche zu tun hat und Mechanik das Innere fast überhaupt nicht berührt“ (Wagenschein 1996, S. 356). In der Konsequenz kann das bedeuten, dass der physikalisch-technische und chemische Gegenstandsbereich der Naturwissenschaften (den) um Verstehen bemühten Kindern unterschiedlich zugänglich sind. Darin zeigt sich ein echtes Dilemma, denn die Wissenschaft Chemie systematisiert Stoffe und deren Veränderungen auf der Basis submikroskopischer Theorien.

9.4 Diskussion der Ergebnisse – kognitionspsychologische Fokussierung

Auch in kognitionspsychologischen Untersuchungen im Rahmen der Expertiseforschung ist nachgewiesen worden, dass die Bedeutung domänenspezifischen (Vor-)Wissens bedeutsamer ist als etwa Faktoren wie Alter und allgemeiner kognitiver Entwicklungsstand, v.a. dann, wenn es um Gedächtnisleistungen geht. In der klassischen Untersuchung von Chi (vgl. 1978) konnten sich 10-jährige Schachexperten besser an Positionen der Figuren auf dem Schachbrett erinnern und komplexere hypothetische Züge ausführen als erwachsene Novizen, die keine guten Schachspieler waren.

Dispositionelles Verstehen fokussiert die Elaboration neuer begrifflicher Mittel. Dieser Aufbau setzt geeignete, inhaltsspezifische kognitive Strukturen voraus (vgl. Kap. 4.2).²⁴ Diese Vorwissen gebundenheit ist für chemieunterrichtliche Lern- und Verstehensprozesse (etwa) im Hinblick auf Kommunikation, Problemlöseverfahren oder Textverstehen hinreichend belegt (vgl. z.B. Sumfleth 1996). Auch Aufgabenlösungs- und Problemlöseverhalten von Schülern der Sekundarstufe II im Kontext von Säure-Base-Theorien sind nachweislich vom begrifflichen Wissenshintergrund und dessen individuellem Verknüpfungsgrad abhängig (vgl. Sumfleth 1987b).

²⁴ Die Bedeutung (genereller) Denkfähigkeiten wie Vergleichen, Klassifizieren, Abstrahieren und Schlussfolgern für begriffliche Aufbauprozesse wird dadurch jedoch nicht aufgehoben (vgl. Kap. 2.3).

Unter der plausiblen Annahme, dass (kognitive) Verstehensprozesse in einem außerschulischen Handlungsrahmen ebenfalls vom Vorwissen beeinflusst werden (vgl. Kap. 2.3), stellt sich die Frage, ob die aufgezeigten Untersuchungsergebnisse nicht ein Artefakt des Untersuchungsdesigns sind, weil Bedingungen des Verstehens wie intellektuelle Strukturen, domänenspezifisches Vorwissen und/oder Fähigkeiten zum logischen Denken der Untersuchungsteilnehmer nicht explizit erhoben und gezielt zu ändern versucht worden sind.

Vor diesem Hintergrund betrachtet hat die vorliegende Untersuchung zunächst Pilotstudiencharakter und kann erst einmal nur für den zugrundegelegten, kontextuellen Handlungsansatz (vgl. Kap. 5) Gültigkeit beanspruchen. Dadurch werden die Ergebnisse jedoch nicht abgewertet. Im Gegenteil: Gerade die Untersuchung eines von Selbstbestimmtheit und Freiwilligkeit motivierten Bildungsprozesses ermöglicht es, sich dem Chemie-Verstehen und Chemie-Denken von Kindern im Grundschulalter unverfälscht und ursprünglich zu nähern. Diese Zugriffsweise erscheint in einem unerforschten Gegenstandsbereich, der bewusst außer-schulisch (vgl. Kap. 2.1) ausgerichtet ist, zunächst angemessener und vielversprechender zu sein, als kindliche Verstehensleistungen unter empirisch-kontrollierten Bedingungen in Prä-Post-Vergleichsuntersuchungen, also klinisch, zu überprüfen.

Die Analyse begrifflicher Strukturen unter dem Verstehenskonstrukt akzentuiert diese Herangehensweise stärker als eine Untersuchung, die Lernaspekte fokussiert. Lernen ist nicht zwangsläufig an Prozesse des Verstehens gekoppelt.²⁵ Begriffliches Verstehen als graduell weiter gefasstes kognitives Phänomen ist eher mit Attributen wie Sinnhaftigkeit und Stimmigkeit verbunden. Darüber hinaus ist zu bedenken, dass auch die umgekehrte Betrachtung angestellt werden kann: Da objektive Bedeutungsmuster des Säure-Lauge-Begriffspaars von fast allen Untersuchungsteilnehmern nicht verstanden werden, sind deren generellen Vorwissensstrukturen für einen chemischen *conceptual growth* eben (noch) nicht hinreichend ausgebildet.

In dieser natürlichen Annäherung an das kognitive Verhalten der Untersuchungsteilnehmer liegt schließlich die Stärke der Untersuchung. Einerseits ist durch den außerschulischen Handlungsrahmen eine Parallele zu Förderprojekten aufgezeigt, wie sie vielfach initiiert

²⁵ So wird z.B. beim memorierenden Lernen von Vokabeln nur höchst selten von dabei einhergehendem Verstehen gesprochen. Gebräuchlicher ist es, in kognitionspsychologischer Terminologie von deklarativem Wissen zu sprechen (vgl. Mietzel 1998, S. 194).

worden sind (vgl. Kap. 2.1). Anderseits ist der wesentliche Unterschied und zugleich charakterisierende Vorteil der vorliegenden Untersuchung darin gegeben, dass die neun Kinder aufgrund einer selbstbestimmten Entscheidung mit positiv-emotionalen Voraussetzungen an der Untersuchung teilgenommen haben: Sie erzielen dennoch unbefriedigende Ergebnisse, wenn diese mit objektiven Begriffsbedeutungen verglichen werden. Dies ist in zweierlei Hinsicht nicht ohne Brisanz.

Einerseits ist zu bedenken,

- dass das Säure-Lauge-Konzept in seiner der Untersuchung zugrunde gelegten, fachlich-reduzierten Form objektiv angemessen nicht sinnvoll verkleinert werden kann. Lern- und Verstehensprobleme sind bei weniger reduzierten fachlichen Ansprüchen erst recht zu erwarten.

Andererseits ist zu bedenken,

- dass der betrachtete Sachinhalt auf diesem Niveau in der fachdidaktischen Literatur (vgl. Kap. 6.1; 6.2) für Kinder im Grundschulalter als verstehbar empfohlen wird, gerade weil kein spezifisches Vorwissen, sondern allgemeine Weltwissensstrukturen als kognitive Grundlage ausreichen sollen. Tradierte Vorstellungen über altersgerechte Platzierungen von Inhalten sind schon bemerkenswert bedenklich und selbst fortschrittliche, wissensbasierte Platzierungsempfehlungen gehen unkritisch mit schulchemischen Stoff- und Lehrplantraditionen um (vgl. Kap. 2.3; 6.1).

Die Untersuchungsteilnehmer haben nach eigenem Bekunden über kein inhaltsspezifisches Vorwissen (vgl. Kap. 8.1-8.9) zu Beginn des Freizeitprojekts verfügt. Es erscheint daher fraglich, dass eine vertiefende Betrachtung von Säuren und Laugen auf phänomenologischer Ebene (vgl. z.B. Freienberg et al. 2001; 2002) im Sinne einer breiteren Repräsentationsbasis geholfen hätte, den Sachinhalt geistig zu inkorporieren. Folgt man der konstruktivistischen Annahme, dass Begriffe nicht präziser zu verstehen sind, wie es die individuelle Denkstruktur zulässt (vgl. Muckenfuß 1988, S. 398), ist es nicht einzusehen, dass das Verstehen eines abstrakten Sachverhalts wie etwa des Reaktionsverhaltens von Säuren gegenüber Metallen

das Verstehen eines anderen, sachlich damit zusammenhängenden Phänomens, der Nachweismöglichkeit mit Indikatoren, ermöglicht.²⁶

Zwar ist nicht auszuschließen, dass inhaltsspezifisches, objektives Vorwissen der Untersuchungsteilnehmer das Verstehen der fachspezifischen Identifizierung sauer und basisch reagierender Substanzen unterstützt hätte. Gerade vor dem Hintergrund einer kognitionstheoretisch-konstruktivistischen Auffassung begriffsbildender Prozesse (vgl. Kap. 4.2) sind deren Resultate (jedoch) nicht vorhersagbar. So gesehen können sachlogische Verknüpfungen allenfalls Konsequenz, aber nicht determinierende Ursache von Begriffskonstruktionen sein.

Um das kindliche Verstehen des Säure-Lauge-Konzepts in einer fachlich-operationalen Struktur anzuregen, sind bewusst Alltagsstoffe, Gegenstände und Materialien in den tragenden Versuchshandlungen verwendet worden. Während ein materieller Sachbezug den Aufbau physikalischer Wissens- und Denkstrukturen zu unterstützen vermag (vgl. Spreckelsen 1992; 1995), ist die Verwendung von Alltagsstoffen einem chemisch-elementaren Verstehensertrag im Säure-Lauge-Kontext nicht dienlich, vermutlich sogar nachteilig.

Aus biologischen Konzeptbildungsuntersuchungen ist bekannt, dass Lebewesen von Kindern hauptsächlich nach strukturellen, d.h. inneren und äußeren Merkmalen klassifiziert werden. Artefakte hingegen - also unbelebte Gegenstände und Materialien - werden primär nach funktionalen Merkmalen in verschiedene Klassen eingeteilt (vgl. Pauen 1996, S. 29). Diese funktionelle Ausrichtung des kindlichen Denkens, die sich auch in dem Transfer der Wirkungen von Alltagsstoffen auf die Fachbegriffe Säure und Lauge zeigt (vgl. Kap. 9.1) oder auch in einem materialen Stoffbegriff wiederfindet, verhindert einen fachlich-operationalen Begriffsaufbau. Auf diese Weise manifestieren sich also grundsätzliche Lern- und Verstehensschwierigkeiten.

Einen Begriff – allgemein – zu erwerben, heißt, mit Hilfe der zu einem Entwicklungszeitpunkt gegebenen und aktivierbaren geistigen Elemente neue kognitive (Teil-)Strukturen aufzubauen (vgl. Kap. 4.2). Wird von der sowohl entwicklungs- als auch kognitionspsychologisch

²⁶ Erinnert werden darf in diesem Zusammenhang daran, dass die lernpsychologisch begründete Ausrichtung der Inhalte im Chemieunterricht am strukturellen Aufbau der Wissenschaftsdisziplin Chemie nicht zu einer Erleichterung des Lernens und Verstehens der Schüler geführt hat (vgl. Becker 2002).

gemeinhin akzeptierten Grundannahme ausgegangen, dass die kognitiven Elemente jeglicher Begriffsbildung im Denk- und Wissensrepertoire des Begriffsbildners enthalten sein müssen, lässt sich schlussfolgern, dass Kinder im Grundschulalter eben nicht über Voraussetzungen verfügen, um ein elementarisches Verständnis des Säure-Lauge-Konzepts zu erwerben. Dessen chemisch-exemplarischer Charakter (vgl. Kap. 6.2), der sich v.a. in einer höheren Abstraktheit im Vergleich zu natürlichen Begriffen äußert, kann als (vorsichtiger) Hinweis für grundsätzliche Schwierigkeiten des Verstehens chemischer Begriffe für Kinder im Grundschulalter gewertet werden.

9.5 Forschungsmethodische Reflexionen – Retrospektive und Perspektive

Chemiedidaktische Forschung ist auf empirische, hermeneutische, ideologiekritische und fachspezifische Denkansätze angewiesen (vgl. Becker 1994, S. 267ff.). In der vorliegenden Studie ist das konzeptionelle Verstehen des Säure-Lauge-Begriffspaars empirisch untersucht worden. Deutungen und Interpretationen orientieren sich an geltenden fachwissenschaftlichen, fachdidaktischen und (grund-)schulpädagogischen Auffassungen. Diese Hermeneutik ist insofern ideologiekritisch, als sie bislang geltende Erkenntnisse auf dem Hintergrund der Erhebungen kritisch würdigt und somit metatheoretisch hinterfragt. Insgesamt ist das Forschungsszenario einem qualitativen Forschungsparadigma verpflichtet.

Die Bestimmung der Untersuchungsinstrumente hat sich an den natürlichen Besonderheiten kindlicher Probanden orientiert (vgl. Kap. 7.1). Zusätzlich sind - in Korrespondenz zur freizeitorientierten Ausrichtung des Handlungsansatzes (vgl. Kap. 5) - die Untersuchungsinstrumente durch einen relativ großen Offenheitsgrad gekennzeichnet. Den Kindern stand somit ein angemessener Verhaltensspielraum in den Untersuchungssituationen zur Verfügung, um konzeptbezogene Bedeutungsmuster zu entwickeln. Diese sind in einem hermeneutischen Anschlussprozess ausgedeutet worden, um zugrundeliegende Begriffsstrukturen zu rekonstruieren.

Standardisierte Befragungen als klassisch-empirische Methode versuchen den Ansprüchen nach Objektivität, Reliabilität und Validität in besonders hohem Maß gerecht zu werden, sind aber in der sozialwissenschaftlichen Kinder- bzw. Kindheitsforschung von sekundärer Bedeutung (vgl. Kränzl-Nagl/Wilk 2000, S. 64f.). Da so erhobene Daten immer auf dem Hintergrund theoretisch angenommener Zusammenhänge und Bedeutungsstrukturen zu

interpretieren sind, und da solche Theoreme derzeit eher Annahmen als gesicherte Erkenntnisse spiegeln, ist eine standardisierte Datenerhebungsmethode für die vorliegende Untersuchung nicht in Betracht gezogen worden. Gerade dieses Defizit an gesichertem Wissen über Verstehensmöglichkeiten von Grundschulkindern im aufgezeigten Gegenstandsbereich (vgl. Kap. 2.1) ist häufig nicht bewusst, wird aber positiv-affirmativ unterstellt.

Der Vorteil freierer Verfahren liegt schließlich auch darin, dass Erkenntnisse über kindliche Verhaltensmuster aufgeweitet werden – eben auf der Grundlage qualitativ gewonnenen Datenmaterials zum Verstehen chemischer Konzepte, Begriffe oder Denk- und Arbeitsweisen allgemein und zum Säure-Lauge-Konzept (vgl. Kap. 6) im speziellen.

In einem unerforschten Gegenstandsbereich hingegen ist ein Mehr-Methoden-Einsatz forschungspraktisch vielversprechend (vgl. ebd., S. 71). Die hier zum Einsatz gekommenen Methoden (vgl. Kap. 7.2) korrespondieren mit der Auffassung, dass eine verbale Mitteilung allein nur einen beschränkten Zugang zum Begriffsverständnis eines Individuums liefert. Eine verbale Mitteilung des eigenen Begriffsverständnis (bzw. darauf hin entwickelter Vorstellungsmuster) setzt dessen Bewusstheit (vgl. Kap. 4.2) und Verbalisierbarkeit voraus (vgl. Seiler 1984, S. 71). In diesem Sinne ist jedoch die qualitative Unterschiedlichkeit von Begriffssystemen in Betracht zu ziehen, die

- sich in verinnerlichten Schemata versuchspraktischer Handlungen zum Nachweis sauer oder basisch reagierender Substanzen zeigt und folglich auch nur in einem handelnden Vollzug dargestellt werden kann,
- sich in systematisierten, inneren Abbildern einer stofflich-anschaulichen Vorlage manifestiert und in Folge dessen in einer ikonischen Darstellungsform nach außen hin sichtbar gemacht werden kann oder
- aufgrund einer individuell unterschiedlich ausgeprägten Sprachfähigkeit besser mit Hilfe vorgegebener Begriffe im Sinne einer Abrufhilfe angesprochen werden kann.

Grundsätzlich vermitteln die methodisch-triangulierten Ergebnisse ein relativ einheitliches Bild für jeden Untersuchungsteilnehmer. Das heißt, alle Probanden zeigen in den vier

methodischen Anforderungssituationen im wesentlichen ein gleiches Begriffsverständnis, wodurch individuell erstellte Verstehensprofile gegenseitig validiert werden. Insbesondere die handlungspraktisch zu bearbeitende Problemsituation am Ende des Untersuchungszeitraums macht aufgrund ihrer strukturellen Ähnlichkeit zur Enkodierungssituation deutlich, dass Kinder im wesentlichen nicht nur auf begrifflich-sprachlicher Ebene, sondern auch im Sinne einer handlungspraktischen Könnerschaft den chemischen Bedeutungsgehalt des Säure-Lauge-Begriffspaars mental nicht konservieren konnten.

Gleichzeitig ist bei dem zugrunde gelegten Mehr-Methoden-Einsatz zu bedenken, dass jeder konstruktive Informationsabruf in einer methodischen Anforderungssituation verändernden Einfluss auf den fokussierten Wissensstrukturbereich haben kann (vgl. Steiner 1996, S. 282). Zwar ist versucht worden, durch die Differenziertheit in den Repräsentationsmedien einen interagierenden Einfluss zwischen den Messzeitpunkten so gering wie möglich zu halten. Dennoch können – wenngleich sich dafür keine Belege finden lassen – kognitive Umbauprozesse nicht ausgeschlossen werden, wonach die Untersuchungsteilnehmer in einer methodischen Anforderungssituation nicht auf (verarbeitete) Erfahrungen aus dem Projektkontext, sondern aus einer vorherigen Untersuchungssituation (oder der Lebenspraxis) rückkoppeln.

Begriffsorientierte Untersuchungsansätze der vorliegenden Art sind schließlich durch eine natürliche Diskrepanz zwischen erwachsenem Forscher und kindlichem Untersuchungsobjekt gekennzeichnet. Aus Sicht des Untersuchungsleiters sind zwar nachteilige Wirkungen auf die Untersuchungssituationen auszuschließen.²⁷ Dennoch könnte ein tieferliegendes Missverhältnis unbewusst wirksam bleiben: Die Kinder äußern in ihrem medial vermittelten Denkverhalten ihr Begriffsverständnis, das Erwachsene primär mit ihren begrifflichen Mitteln analysieren, interpretieren und kategorisieren. In der Regel klafft jedoch zwischen dem subjektiven Begriffsverständnis eines Laien (Kind) und dem normierten Begriffsverständnis eines Experten (Untersuchungsleiter) eine natürliche Lücke.

²⁷ Diese Einschätzung wurde auch von an der Untersuchung beteiligten Grundschullehrerinnen und -lehrern sowie der zur Betreuung der Kinder eingesetzten Studenten höheren Semesters geteilt.

Durch den Vergleich subjektiver Bedeutungsmuster mit objektiv-normierten Begriffsinhalten bleiben möglicherweise kindliche Mitteilungen und Sinnaussagen, u.U. sogar begriffliche Strukturausschnitte, unerkannt. Um dieses Dilemma methodisch aufzufangen, wäre es aus meiner Sicht in Folgeuntersuchungen sinnvoll, dass fachbegriffliche Verstehen von Kindern in einem Untersuchungssetting zu überprüfen, in dem Kinder von Kindern befragt werden. Möglicherweise werden in einem begrifflich-sprachlich unvoreingenommeneren Untersuchungskontext zwischen gleichen Partnern zusätzliche Bedeutungsmuster und Sinnstrukturen transparent, die begriffsanalytische Untersuchungen der vorliegenden Art sinnvoll ergänzen (können).

Die eingesetzten Forschungsmethoden nähern sich insgesamt an das individuelle Begriffsverständnis der Untersuchungsteilnehmer an. Zwar bleibt die grundsätzliche Problematik bestehen, verbale und nichtverbale Äußerungen eines Subjekts durch einen (außenstehenden) Forscher zu rekonstruieren. Da der Untersuchungsleiter als integraler Bestandteil des Forschungsfelds die Untersuchungsteilnehmer jedoch immer in der handelnden Lernsituation erlebt hat, verfügt er über bewusstes und unbewusstes Situationswissen. Somit war das Verhalten der Untersuchungsteilnehmer in den vier nachfolgenden Untersuchungssituationen wirkungsvoll zu interpretieren. Auf diese Weise werden die erzielten instrumentellen Ergebnisse in einem hermeneutischen Sinne vertieft.

10. Resümee der Untersuchung

10.1 Bewertung auf dem Hintergrund chemiedidaktischer Erkenntnisleistungen

– fachdidaktische Konsequenzen

Ausgangspunkt der Untersuchung war die Frage (vgl. Kap. 3), ob bzw. wie in unterrichtsähnlichen Arrangements Kinder im Grundschulalter elementare chemische Einsichten finden (können). Am Beispiel des Säure-Lauge-Begriffspaars ist anhand von neun Einzelfällen die Frage dahingehend konkretisiert worden, ob aus dem Wechselspiel von praktischen Versuchshandlungen und kommunikativer Verständigung Kinder schließlich tragfähige, gültige Erklärungsmuster aufbauen, anwenden und damit verstehen können.

Insgesamt gesehen sind die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung in kognitiver Hinsicht wenig ermutigend. Zwar sind anhand themenspezifischer Einzelfallanalysen keine verallgemeinerbaren und grundsätzlichen Aussagen möglich. Festzuhalten bleibt (dennoch), dass neun Jungen und Mädchen in der Altersspanne zwischen sieben und dreizehn Jahren

- trotz theoretisch begründbarer, verstehensfördernder Rahmenbedingungen,
- im Anschluss an einen freiwillig bestimmten Selbstbildungsprozess,
- in der Mehrzahl ungenügende chemische Bedeutungsmuster des Säure-Lauge-Begriffspaars in ihr kognitives Struktursystem haben integrieren können.

Diese Ergebnisse auf dem Hintergrund entwicklungs- bzw. kognitionspsychologischer Theoriebildungen (vgl. Kap. 8.3.; 8.4.) zu reflektieren, kann in der Konsequenz heißen,

- dass chemische Konzepte im Kindesalter nicht verstanden werden können, weil anschlussfähiges, chemiespezifisches (Vor-)Wissen nicht vorhanden ist oder
- aber chemiespezifisches Wissen sich in Kategorien und Strukturen manifestiert, deren Umstrukturierung, Erweiterung und Ergänzung eines viel größeren Aufwands bedarf, als dies in einem außerschulischen Handlungsansatz möglich ist, wobei

- dann noch die Frage geklärt werden müsste, ob Kinder dies auch noch aus Interesse und Selbstbestimmung heraus wollten.

An dieser Stelle soll abschließend der Perspektivrahmen erweitert und mit grundsätzlichen Überlegungen zur Wirksamkeit einer (außer-)schulisch betriebenen Frühförderung im chemisch-naturwissenschaftlichen Bereich verbunden werden:

- Außerschulische Projektinitiativen (vgl. Kap. 2.1) sollten – gewissermaßen als Konsequenz meiner Arbeit - zunächst nur mit dem Anspruch verbunden werden, im Sinne eines erweiterten Freizeitangebots Kindern die Möglichkeit einer handlungsbasierten Beschäftigung mit Stoffen zu geben. Es ist (andernfalls) zu befürchten, dass durch kognitiv unangemessene Angebote wertvolle motivationale Haltungen bei (jungen) Kindern verschüttet werden. Dies umso mehr, als dass sich naturwissenschaftliche Interessen (vgl. Kap. 2.2) v.a. dann ausbilden, wenn sich in der Sachauseinandersetzung gleichzeitig eine kognitive Zufriedenheit und das Gefühl des Kompetent-Seins einstellen (vgl. Upmeier zu Belzen et al. 2002, S. 302).
- Vor einer verstärkten und systematisch betriebenen Implementierung chemischer Inhalte, Denk- und Arbeitsweisen in den Sachunterricht (vgl. Kap. 1), wie sie aus nicht dokumentierten Ergebnissen außerunterrichtlicher Förderprojekte und auf der Grundlage von Lehrplananalysen zum Sachunterricht (vgl. Risch/Lück 2004) abgeleitet wird, sind umfangreichere Evaluationsarbeiten durchzuführen. In dieser Hinsicht wären nicht nur ergebnisorientierte Untersuchungen sinnvoll, sondern zusätzlich durch Ansätze zu validieren, die Verstehen in einer prozessorientierten Ausrichtung quasi *in statu nascendi* untersuchen (vgl. Welzel 1995; Aufschnaiter/Welzel 1996). Dies wird auch von den Protagonisten der Implementierung nicht bestritten.
- Mit der Chemischen Bildung steht es nach wie vor nicht zum Besten (vgl. Becker 2004). Nur vor diesem Hintergrund ist das Paradigma ‚Chemische Früherziehung‘ zu verstehen und zu entschuldigen: Themenbereiche werden für Bildungsprozesse bestimmt, ohne gesicherte Erkenntnisse über Lern- und Verstehensprozesse von Kindern (im Grundschulalter) evaluiert zu haben. Sachunterrichtsdidaktische Forschungsansätze sind insofern konsequenter und logischer ausgerichtet, als dass

curriculare Konsequenzen erst auf der Grundlage an der Erfahrung gemessener Forschungsergebnisse formuliert werden (vgl. Möller et al. 2002). Welche chemischen Inhalte tatsächlich - auch unter unterrichtsbezogenen Bedingungen - sinnvoll aufgearbeitet und angeboten werden können „muss im Rahmen von [weiteren] Evaluierungen noch genauestens untersucht werden, wobei zunächst vor allem die ersten Grundschuljahre im Blickpunkt stehen sollten“ (Lück 2005, S. 10). Diese Forderung einer Protagonistin der chemischen Früherziehung überrascht schon. Sie stellt selbstkritisch bisherigen, aktionistisch und hektisch betriebenen Bildungsaktivitäten (vgl. Becker/Eilks/Sumfleth 2005, S. 321) das Zeugnis aus, Evaluationsarbeiten vernachlässigt zu haben.

- Unter der Voraussetzung gelingender Verstehensprozesse in anderen chemischen Inhaltsbereichen ist darüber hinaus die Frage zu klären, welche individuelle Bedeutung das chemische Wissen über die Lernsituation hinaus haben kann. In der Wissenspsychologie wird Wissen als ‚kognitives Werkzeug‘ modelliert (vgl. Schnotz 1996, S. 15ff.). Langfristig angelegte (Früh-)Förderansätze müssen auch die (notwendige) Diskussion um die Anschlussfähigkeit (außer-)schulisch erworbenen Wissens, mithin seine Werkzeugfunktion, beantworten. Die vorliegenden Ergebnisse zum Verstehen des Säure-Lauge-Konzepts machen in diesem Zusammenhang deutlich, dass eine konzeptuelle Reduktion auf fachlich basaler Ebene und eine anschließende konzeptuelle Vertiefung als Lösungen nicht geeignet sind.
- Möglich ist aber auch, dass umfangreichere Evaluationsarbeiten zeigen, dass chemiespezifisches Lernen und Verstehen im Grundschulalter von grundsätzlicher Problematik ist. Eine alternative Antwort könnte dann lauten, eine eher inhaltsunabhängige, bereichsübergreifende (Früh-)Förderung geistiger Operationen und Fähigkeiten in den Vordergrund zu stellen. In dieser Hinsicht können wirkungsvolle Ansätze zur Förderung strategischer Kompetenzen des Wissenserwerbs im Kindesalter beispielhaft genannt werden (vgl. Mandl/Friedrich 1986, S. 41ff.).

10.2 Gestaltung außerschulischer Bildungsangebote – hochschuldidaktische Perspektive

Losgelöst von kognitiven Verstehensbemühungen und –leistungen ist deutlich geworden, dass die Untersuchungsteilnehmer das versuchspraktische Umgehen mit Stoffen konnotativ als

- angenehm,
- reizvoll und
- motivierend

empfinden. Um Grundschulkinder über stoffliche Erfahrungen affektiv an Chemie zu binden, weitere Evaluationsarbeiten anzuschließen und das ‚Chemilernen von Kindern im Grundschulalter‘ in hochschuldidaktischem Sinne zum Gegenstand der studentischen Ausbildung zu machen, sind vom chemiedidaktischen Arbeitsbereich der Universität Paderborn weitere, jeweils mehrtägige Freizeitprojekte durchgeführt worden bzw. in Vorbereitung (vgl. Becker 2005):

- | | | |
|--|---|---------------|
| • Zucker und Milch | - | Frühjahr 2001 |
| • Salz – das weiße Gold | - | Herbst 2001 |
| • Metalle | - | Frühjahr 2002 |
| • Das Cornflakes-Projekt | - | Frühjahr 2003 |
| • Chemische Experimente – ganz einfach | - | Herbst 2003 |
| • Versuche mit Stoffen aus der Küche | - | Frühjahr 2004 |
| • Das Marmelade-Projekt | - | Frühjahr 2005 |
| • Frühstückscerealien | - | Herbst 2005 |

Aus der Untersuchung zum Begriffsverständnis des Säure-Lauge-Konzepts ist deutlich geworden, dass ein materieller Sachbezug allein nicht ausreicht, um chemische Verstehensprozesse anzustoßen und erfolgreich zu gestalten. In den Folgeprojekten ist daher ein Alltagsbezug nicht nur materiell-stofflich hergestellt worden, sondern zusätzlich kindliche Erfahrungen im Umgang mit Stoffen – also Denkkonstrukte – zum Gegenstand außerschulischer Bildungsprozesse gemacht worden.

Dies wurde in der ‚Metallwerkstatt‘ etwa in Form stofflicher Bewusstseinsprozesse umgesetzt, indem Kinder metallische Gegenstände in ihrer unmittelbaren Umgebung identifizierten oder unterschiedliche Eigenschaften von Metallen im Zusammenhang mit (natürlich beobachtbaren) Korrosionsphänomenen entdeckten. Eine Untersuchung von Keune/Fröhlauf (vgl. 1984) hat in diesem Zusammenhang gezeigt, dass gerade die Kenntnisse selbst einfacher Stoffe bei Schülern zu Beginn des eigentlichen Chemieunterrichts nur unzureichend sind. Ein in dieser Hinsicht stoffkundlicher Ansatz mag helfen, chemisch relevante Erfahrungen zu entwickeln und späteren Fachunterricht vorzubereiten. Zudem ist das Prinzip ‚Kunde‘ eine grundsätzlich bewährte, immer geforderte allgemeinbildende Strategie und Ziel von Lernprozessen.

Um Kindern stoffliche Kenntnisse kategorial und differenzierend nahe zu legen, wurden in den Freizeitprojekten

- sinnliche Eigenschaften von Alltagsstoffen wie Zucker, Milch, Salz und Obst erfahren und sprachlich-begrifflich bewußt gemacht,
- sinnliche Primärerfahrungen in natürlichen Stoffprofilen verdichtet, wodurch Prozesse des Feststellens, Vergleichens, Abstrahierens und Klassifizierens von Stoffen und ihren Eigenschaften mit eingeschlossen sind,
- in geeigneten Phänomen- und Versuchszusammenhängen eine chemische Kennzeichnung und Unterscheidung von Einzelstoffen provoziert,
- in diesem Sinne elementare naturwissenschaftliche Tätigkeiten angebahnt und
- prägend eindrucksvolle Realbegegnungen etwa durch den Besuch eines Metallrecyclingunternehmens oder eines milchverarbeitenden Betriebs (vgl. Steinmetz 2001) ermöglicht.

Die Tatsache, dass sieben von (maximal) 15 Teilnehmern an den weiteren Projektveranstaltungen durchgängig teilgenommen haben, mag Indiz dafür sein, dass in dem aufgezeigten Handlungszusammenhang affektive Bedürfnisse der Kinder angesprochen und

verstärkt werden, die - wie Folgeuntersuchungen zu zeigen haben – kognitive Prozesse dann unterstützen können.

In diesem Sinne sind und haben chemische Förderprogramme (vgl. Kap. 2.1) immer (auch) Perspektive. Im Sinne von Nachhaltigkeit ist es notwendig, Programme zu entwickeln und deren Wirksamkeit zu untersuchen. Erst dann, wenn eine breitere Wissensbasis über kognitive Effekte auf Grundlage eines (übergreifenden) Verstehenskonzepts vorliegen, ist es sinnvoll und notwendig, (weitere) Investitionen und Anstrengungen zu unternehmen, um effektiv zu fördern – jedenfalls in einem Sinne, der Chemie-Verstehen beachtet.

Diese Effekte muss Chemiedidaktik nach wie vor und immer wieder neu reflektieren, um als Handlungswissenschaft wirksam zu sein und tatsächlich programmatisch effizient zu wirken.

11. Literaturverzeichnis

Aebli, H.: Denken, das Ordnen des Tuns. Bd. 1. Kognitive Aspekte der Handlungstheorie. Stuttgart 1980

Aebli, H.: Denken, das Ordnen des Tuns. Bd. 2. Denkprozesse. Stuttgart 1981

Aebli, H.: Handlungen verstehen. In: Engelkamp, J. (Hrsg.): Psychologische Aspekte des Verstehens. Berlin 1984, S. 131-146

Aebli, H.: Begriffliches Denken. In: Mandel, H./Spada, H.: Wissenspsychologie. Weinheim 1988, S. 227-246

Anderson, J.R.: Kognitive Psychologie. 2. Auflage. Heidelberg 1996

Apel, J.: Blaukraut bleibt Blaukraut? ... oder Säuren und Laugen auf der Spur. In: Grundschulunterricht 43 (1996), H. 4, S. 34-35

Ardley, N./Burnie, D.: Spannende Experimente aus Natur und Technik. Über 200 tolle Experimente für drinnen und draußen. 2. Auflage. Bindlach 2000

Aufschnaiter, S.v./Welzel, M.: Beschreibung von Lernprozessen. In: Duit, R./Rhöneck, C.v. (Hrsg.): Lernen in den Naturwissenschaften. Kiel 1996, S. 301-327

Banholzer, A.: Die Auffassung physikalischer Sachverhalte im Schulalter. Dissertation. Tübingen 1936

Bäuml-Roßnagl, M.-A.: Sachunterricht in der Grundschule: Naturwissenschaftlich-technischer Lernbereich. München 1979

Baumert, J. et al.: TIMSS – Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Opladen 1997

Becker, H.-J.: Die Beliebtheit des Chemieunterrichts als Gegenstand empirischer Forschung der Chemiedidaktik. In: chimica didactica (9) 1983, S. 98-123

Becker, H.-J.: Verbraucherdialoge im Chemieunterricht. Waschmittel. Reinigungsmittel. Pflegemittel. PZ Berlin 1990

Becker, H.-J.: Chemiedidaktische Entwicklungen in der Bundesrepublik Deutschland – Situationsanalyse und Bilanz. Frankfurt am Main 1994

Becker, H.-J.: Korrespondenz. Chemie – ein schwieriges Schulfach?. In: NChTl 49 (2001), S. 1213

Becker, H.-J.: Konzeptionelle Vielfalt im Chemieunterricht – Antworten auf Lernschwierigkeiten der Schüler. In: Herzig, B./Schwerdt, U. (Hrsg.): Subjekt- oder Sachorientierung in der Didaktik? Aktuelle Beiträge zu einem didaktischen Grundproblem. Münster 2002, S. 185-208

Becker, H.-J.: Chemiedidaktik 2003. In: NChTl 52 (2004), S. 344-349

Becker, H.-J.: Homepage Chemiedidaktik Universität Paderborn. Online im Internet. URL: <http://chemie.uni-paderborn.de/fachgebiete/dc/ak> [Stand: 15.08. 2005]

Becker, H.-J./Jüngel, G.: Schülereinstellungen und -leistungen im Unterrichtsfach Chemie. Ergebnisse empirischer Forschungen. Königstein/Ts. 1982

Becker, H.-J./Eilks, I./Sumfleth, E.: Chemiedidaktik 2004. In: NChTl 53 (2005), S. 317-321

Behrendt, H./Häußler, P./Reger, H.: Concept Mapping. Schülerinnen und Schüler konstruieren eigene Begriffsnetze. In: NiU - Physik 8 (1997), H. 8, S. 18-23

Biester, W.: Denken über Natur und Technik. In: Biester, W. (Hrsg.): Denken über Natur und Technik. Zum Sachunterricht in der Grundschule. Bad Heilbrunn 1991, S. 24-67

Blaseio, B.: Was sind denn das für Sachen?. Ein inhaltsanalytisches Bild zur Entwicklung der Inhalte im Sachunterricht. In: www.die-grundschule.de. Onlineteil der Zeitschrift Grundschule 2001, H. 4.

Bruner, J.S.: Über kognitive Entwicklung. In: Bruner, J.S./Olver, R.R./Greenfield, P.M. et al.: Studien zur kognitiven Entwicklung. Stuttgart 1971, S. 21-53

Bruner, J.S.: Entwurf einer Unterrichtstheorie. Berlin 1974

Bruner, J.S./Goodnow, J./Austin, G.A.: A study of thinking. New York 1956

Buck, P.: Phänomenologisch!? In: chimica didactica (22) 1996, H. 1, S. 47-52

Buck, P.: Gerde Freise. „Chemieunterricht kann nicht in der Art des von Martin Wagenschein beschriebenen Lehrens und Lernens stattfinden“ – der Briefwechsel zwischen Freise und Wagenschein, Teil I. In: *chimica didactica* (22) 1996, H. 3, S. 347-365

Bühler, K.: Tatsachen und Probleme zu einer Psychologie der Denkvorgänge. I: Über Gedanken. In: *Archiv für die gesamte Psychologie*, 9 (1907), S. 207-365

Bühler, K.: Die geistige Entwicklung des Kindes. Vierte, durchgesehene Auflage. Jena 1924

Burtscheidt, C.: Wenn die Chemie nicht stimmt. In: *Süddeutsche Zeitung* Nr. 34, 10./11. Februar 2001, S. 13

Chi, M.: Knowledge structures and memory development. In: Siegler, R.S. (Hrsg.): *Children's thinking. What develops?* Hillsdale 1978, S. 73-96.

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

Drechsler, B./Gerlach, S./Bader, H.J.: Naturwissenschaftliches Interesse schon in der Grundschule wecken. In: *NChTl* 47 (1999), S. 715-717

Driver, R.: Kognitive Psychologie und begriffliche Rahmen von Schülern in Mechanik. In: *physica didactica* 12 (1985), H. 2, S. 17-33

Duit, R.: Lernen als Konzeptwechsel im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: Duit, R./Rhöneck, C.v. (Hrsg.): *Lernen in den Naturwissenschaften*. Kiel 1996, S. 145-162

Duit, R.: Alltagsvorstellungen und Konzeptwechsel im naturwissenschaftlichen Unterricht – Forschungsstand und Perspektiven für den Sachunterricht der Primarstufe. In: Köhnlein, W./Marquardt-Mau, B./Schreier, H. (Hrsg.): *Kinder auf dem Wege zum Verstehen der Welt*. Bad Heilbrunn 1997, S. 233-246

Echtermeyer, S./Kittlick, N.: Wie sich Schüler zu den Begriffen „Säure“, „Luft“ und „Gas“ äußern. In: *DW* 13 7 (1996), H. 7, S. 23-25

Eckes, T./Six, B.: Prototypenforschung: Ein integrativer Ansatz zur Analyse der alltagssprachlichen Kategorisierung von Objekten, Personen und Situationen. In: *Zeitschrift für Sozialpsychologie* 15 (1984), S. 2-17

Edelmann, W.: Lernpsychologie. 5., vollständig überarbeitete Auflage. Weinheim 1996

Elschenbroich, D.: Weltwissen der Siebenjährigen. Wie Kinder die Welt entdecken können. München 2001

Flick, U.: Qualitative Forschung. Theorie, Methoden, Anwendung in Psychologie und Sozialwissenschaften. Reinbek 1999

Flint, A./Bader, H.J.: Chemie-Projekt an einer Grundschule. In: NChTl 45 (1997), S. 1136

Fölling-Albers, M.: Interessen von Grundschulkindern. In: Grundschule 27 (1995), H. 6, S. 24-26

Fölling-Albers, M.: Veränderte Kindheit – Verändertes Selbstverständnis der Schule? In: Grundschule 30 (1998), H. 7/8, S. 59-61

Fölling-Albers, M.: Entscholarisierung von Schule und Scholarisierung von Freizeit? In: Zeitschrift für Sozialisationsforschung und Erziehungssoziologie 2 (2000), S. 118-131

Fölling-Albers, M.: Veränderte Kindheit – revisited. Konzepte und Ergebnisse sozialwissenschaftlicher Kindheitsforschung der vergangenen 20 Jahre. In: Fölling-Albers, M. et al. (Hrsg.): Jahrbuch Grundschule III: Fragen der Praxis – Befunde der Forschung, Seelze/Velber 2001, S. 10-51

Fölling-Albers, M./Hopf, A.: Auf dem Weg vom Kleinkind zum Schulkind. Eine Langzeitstudie zum Aufwachsen in verschiedenen Lebensräumen. Opladen 1995

Gleichstellungsbeauftragte (Hrsg.): Projekt Kinderfreizeit. Dokumentation eines Projektes der Frauenbeauftragten der Universität Paderborn. Paderborn 2000

Freienberg, J./Krüger, W./Lange, G./Flint, A.: „Chemie fürs Leben“ auch schon in der Sekundarstufe I – geht das? (I). In: ChemKon 8 (2001), H. 2, S. 67-75

Freienberg, J./Krüger, W./Lange, G./Flint, A.: „Chemie fürs Leben“ auch schon in der Sekundarstufe I – geht das? (II). In: ChemKon 9 (2002), H. 1, S. 19-24

Ginsburg, H.F./Opper, S.: Piagets Theorie der geistigen Entwicklung. 8., völlig überarb. und erg. Auflage. Stuttgart 1998

Gräber, W.: Untersuchung zum Schülerinteresse an Chemie und Chemieunterricht. In: Chemie in der Schule 39 (1992), S. 270-273

Gröger, M.: Das „Science Forum“ an der Universität Siegen: In: PdN - Chemie (ChidS) 51 (2002), H. 8, S. 22-25

Grüllich, J.: Chemie in der Grundschule. Experimentelle Überprüfung der Richtlinien und Lehrpläne für die Grundschule in Nordrhein Westfalen. Eine Handreichung für den Lehrer (1). In: SMP 3 (1975), H. 3, S. 105-116

Häusler, K.: Die historische Entwicklung der Säure-Base-Konzepte. In: NiU – Physik/Chemie 35 (1987a), H. 27, S. 278-282

Häusler, K.: Didaktische Probleme des Säure-Base-Begriffes. In: NiU – Physik/Chemie 35 (1987b), H. 27, S. 288-289

Hagstedt, H./Spreckelsen, K.: Wie Kinder physikalischen Phänomenen begegnen. In: SMP 14 (1986), S. 318-323

Hans, J.: Versuch macht klug. Mit Gammastrahlen und Erlenmeyerkolben – Universitäten öffnen ihre Labore für Schüler, um so ihr Interesse für die Naturwissenschaften zu wecken. In: DIE ZEIT Nr. 12, 17. 3. 2005, S. 88

Hansen, W.: Die Entwicklung des kindlichen Weltbildes. Sechste, neu bearbeitete Auflage. München 1965

Hartinger, A.: Interessenentwicklung und Unterricht. In: Grundschule 27 (1995), H. 6, S. 27-29

Hasselhorn, M./Mähler, C.: Wissen, das auf Wissen baut: Entwicklungspsychologische Erkenntnisse zum Wissenserwerb und zum Erschließen von Wirklichkeit im Grundschulalter. In: Kahlert, J. (Hrsg.): Wissenserwerb in der Grundschule: Perspektiven erfahren, vergleichen, gestalten. Bad Heilbrunn 1998, S. 73-93

Hellberg-Rode, G./Limke, U.: Lernen durch Experimentieren. In: Hempel, M. (Hrsg.) Lernwege der Kinder. Subjektorientiertes Lernen und Lehren in der Grundschule. Hohengehren 2001, S. 146-155

Helmke, A.: Die Entwicklung der Lernfreude vom Kindergarten bis zur 5. Klassenstufe. In: Zeitschrift für Pädagogische Psychologie 7 (1993), H. 2/3, S. 77-86

Herbers, R. et al.: Chemie? Ja, bitte!. In: PdN - Chemie (ChidS) 51 (2002), H. 8, S. 6-10

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: chimica didactica 26 (2000), H. 1, S. 25-55

Hoffmann, J.: Das aktive Gedächtnis. Berlin 1983

Hoffmann, J.: Die Welt der Begriffe. Psychologische Untersuchungen zur Organisation menschlichen Wissens. Weinheim 1986

Hoffmann, L./Lehrke, M.: Eine Untersuchung über Schülerinteressen an Physik und Technik. Zeitschrift für Pädagogik 32 (1986), S. 189-204

Hussy W.: Denkpsychologie. Ein Lehrbuch. Band 1. Stuttgart 1984

Institut für Organisationsorganisation (IFOK): „Projekt Chemie – Neue Wege im Chemieunterricht“. Bensheim 2001

Jaide, W.: Über die Entwicklung des kindlichen Verständnisses für Natur und Technik. In: Schule und Psychologie 1 (1954), S. 78-88

Jenett, H./Kohse-Höinghaus, K.: Chemie zum Selbermachen – Mitmachlabore in Deutschland. In: NChTl 51 (2003), H. 2, S. 144-149

Jung, W.: Hilft die Entwicklungspsychologie dem Physikdidaktiker? In: Duit, R./Gräber, W. (Hrsg.): Kognitive Entwicklung und Lernen in den Naturwissenschaften. Kiel 1993, S. 86-108

Kasten, H./Krapp, A.: Das Interessengenese-Projekt – eine Pilotstudie. In: Zeitschrift für Pädagogik 32 (1986), H. 2, S. 175-188

Keune, H./Frühauf, D.: Kennen Schüler wichtige Materialien ihrer Umwelt. Eine empirische Untersuchung in der Sekundarstufe I. In: NiU - Physik/Chemie 32 (1984), H. 7, S. 239-243

Kircher, E./Engel, C.: Schülervorstellungen über Schall. In: SMP 22 (1994), S. 53-57

Kircher, E./Rohrer, H.: Schülervorstellungen zum Magnetismus. In: SMP 21 (1993), S. 336-342

Kirst, H./Wilkening, F.: Repräsentationale Entwicklung. In: Sprache & Kognition 10 (1991), H. 4, S. 181-195

Köhnlein, W.: Ansatzpunkte naturwissenschaftlichen Denkens bei Kindern. In: physica didactica 12 (1985), S. 46-50

Köhnlein, W.: Wege des Ordnens: Zusammenhänge herstellen. In: Lauterbach, R. et al. (Hrsg.): Wege des Ordnens. Kiel 1991, S. 9-28

Köhnlein, W.: Einführende Bemerkungen zum Leben und Werk Martin Wagescheins sowie zu den Beiträgen. In: Köhnlein, W. (Hrsg.): Der Vorrang des Verstehens. Beiträge zur Pädagogik Martin Wagenscheins. Bad Heilbrunn 1998, S. 9-20

Köhnlein, W.: Vielperspektivität und Ansatzpunkte naturwissenschaftlichen Denkens. Analyse von Unterrichtsbeispielen unter dem Gesichtspunkt des Verstehens. In: Köhnlein, W./Marquardt-Mau, B./Schreier H. (Hrsg.): Vielperspektivisches Denken im Sachunterricht. Bad Heilbrunn 1999, S. 88-124

Köhnlein, W.: Ansätze naturwissenschaftlichen Denkens – Wahrnehmung des Ganzen. In: Hinrichs, W./Bauer, H. (Hrsg.): Zur Konzeption des Sachunterrichts. Donauwörth 2000, S. 291-302

Köhnlein, W.: Leitbild: Verstehen im Sachunterricht. In: Fölling-Albers, M. u.a. (Hrsg.): Jahrbuch Grundschule III: Fragen der Praxis – Befunde der Forschung. Seelze/Velber 2001, S. 100-104

Köhnlein, W./Spreckelsen, K.: Werkstatt „Experimentieren“ In: Hameyer, U./ Lauterbach, R./Wiechmann, J. (Hrsg.): Innovationsprozesse in der Grundschule. Fallstudien, Analysen und Vorschläge zum Sachunterricht. Bad Heilbrunn 1992, S. 156-167

Kohler, B.: Konstruktivistische Ansätze für den Sachunterricht. In: Löffler, G. et al. (Hrsg.): Sachunterricht – Zwischen Fachbezug und Integration. Bad Heilbrunn 2000, S. 108-133

Kohse-Höinghaus, K.: Chemikernachwuchs aus der Grundschule? In: NChTl 48 (2000), S. 702-703

Kräenl-Nagl, R./Wilk, L.: Möglichkeiten und Grenzen standardisierter Befragungen unter besonderer Berücksichtigung der Faktoren soziale und personale Wünschbarkeit. In: Heinzel, F. (Hrsg.): Methoden der Kindheitsforschung. Ein Überblick über Forschungszugänge zur kindlichen Perspektive. Weinheim 2000, S. 59-75

Krapp, A.: Das Interessenkonstrukt. Bestimmungsmerkmale der Interessenhandlung und des individuellen Interesses aus der Sicht einer Person-Gegenstands-Konzeption. In Krapp, A./Prenzel, M. (Hrsg.): Interesse, Lernen, Leistung. Neuere Ansätze einer pädagogisch-psychologischen Interessenforschung. Münster 1992, S. 297-329

Krapp, A.: Die Psychologie der Lernmotivation. Perspektiven der Forschung und Probleme ihrer pädagogischen Rezeption. In: Zeitschrift für Pädagogik 39 (1993), S. 187-206

Krapp, A.: Interesse. In: Rost, D. (Hrsg.): Handwörterbuch Pädagogische Psychologie. Weinheim (1998a), S. 213-218

Krapp, A.: Entwicklung und Förderung von Interessen im Unterricht. In: Psychologie in Erziehung und Unterricht 44 (1998b), S. 185-201

Krause, H.: Wie deuten Kinder chemische Vorgänge? Dargestellt am Beispiel der Verbrennung. In: Westermanns Pädagogische Beiträge 14 (1962), S. 359-365

Labahn, B.: Chemieunterricht im Urteil von Chemie-Olympioniken. Eine empirische Untersuchung zur Struktur von Chemieinteresse. Frankfurt am Main 2000

Lankes, E.-M.: Sammeln – ein Interesse im Grundschulalter. In: Grundschule 27 (1995), H. 6, S. 18-19

Lauterbach, R.: Naturwissenschaftlich orientierte Grundbildung im Sachunterricht. In: Riquarts, K. et al. (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung in der Bundesrepublik Deutschland, Bd. 3 Didaktik, Kiel 1991

Lehtinen, E.: Institutionelle und motivationale Rahmenbedingungen und Prozesse des Verstehens im Unterricht. In: Reusser, K./Reusser-Weyeneth, M. (Hrsg.): Verstehen. Psychologischer Prozess und didaktische Aufgabe. Bern 1994, S. 143-162

Ley, M.: Übergang Schule-Hochschule. Klassifikation von Initiativen zur Förderung des naturwissenschaftlichen Nachwuchses (im Auftrag der Hochschulrektorenkonferenz und der Kultusministerkonferenz erstellt). Bonn 2001

Lichtfeldt, M.: Concept Maps und Zeichnungen. Inspektion für die Forschung - Instruktion für den Unterricht. In: NiU - Physik 8 (1997), H. 41, S. 188-191

Lindemann, H.: Strukturen von Lern- und Unterrichtsprozessen im experimentellen Chemieunterricht. In: NiU – Physik und Chemie 48 (1989), H. 41, S. 20-27

Lindemann, H./Wicker, K.: Kindliche Erklärungsweisen naturwissenschaftlicher Phänomene. In: Sumfleth, E. (Hrsg.): Chemiedidaktik im Wandel – Gedanken zu einem neuen Chemieunterricht. Münster 1999, S. 150-201

Lipski, J.: Lernen außerhalb der Schule - Modell für eine künftige Lernkultur? In: Deutsches Jugendinstitut (Hrsg.): Das Forschungsjahr 2000. München 2001, S. 99 - 106

Löffler, G.: Piagets und Inholders Interviews zum kindlichen Atomismus unter einem phänomenologischen Gesichtspunkt reinterpretiert. In: chimica didactica 18 (1992), H. 2, S. 85-99

Löffler, G. et al.: Editorial. In: Löffler, G. (Hrsg.): Sachunterricht – Zwischen Fachbezug und Integration. Bad Heilbrunn 2000, S. 7-12

Lompscher, J./Klewitz, E.: Denken, Begriffsbildung, Problemlösen. In: Lompscher, J. et al.: Leben, Lernen und Lehren in der Grundschule. Neuwied 1996, S. 222-241

Lück, G.: Faszination unbelebte Natur. In: Grundschule 31 (1999), H. 12, S. 46-48

Lück, G.: Interesse für die unbelebte Natur wecken. In: Grundschule 34 (2002), H. 2, S. 48-49

Lück, G.: Handbuch der naturwissenschaftlichen Bildung. Freiburg 2003

Lück, G.: Naturwissenschaften im Kindesalter. Ein Hoffnungsschimmer. In: PdN - ChidS 54 (2005), H. 1, S. 7-10

Lück, G./Demuth, R.: Naturwissenschaften im frühen Kindesalter. In: ChemKon 5 (1998), H.2, S. 71-78

Lüer, G./Spada, H.: Denken und Problemlösen. In: Spada, H. (Hrsg.): Lehrbuch Allgemeine Psychologie. Bern 1992, S. 189-280

Maier, J.: Schülerlabore bei der BASF. In: PdN - Chemie (ChidS) 51 (2002), H. 8, S. 15-16

Mandl, H./Friedrich, H.F.: Förderung des Wissenserwerbs im Kindes- und Jugentalter. In: Unterrichtswissenschaft 14 (1986), H. 1, S. 40-55

Mandl, H./Friedrich, H.F./Hron, A.: Theoretische Ansätze zum Wissenserwerb. In: Mandl, H./Spada, H. (Hrsg.): Wissenspsychologie. Weinheim 1988, S. 123-160

Maras, R.: Sachunterricht verändern – eine konkrete Aufgabe. In: Grundschulmagazin 69 (2001), H. 1/2, S. 41-48

Markman, E.: Realizing that you don't understand: elementary school children's awareness of inconsistencies. In: Child development 50 (1979), S. 643-655

Max-Planck-Institut für Bildungsforschung (Hrsg.): PISA 2000: Die Studie im Überblick. Grundlagen, Methoden und Ergebnisse. Berlin 2002

Mayr, J.: Freizeit ist, was übrig bleibt. Das Freizeitverhalten der Sechs- bis Vierzehnjährigen im Kontext von Schule. In: Erziehung und Unterricht 8 (1996), S. 577-584

Mayer, R. E.: Denken und Problemlösen: eine Einführung in menschliches Denken und Lernen. Berlin 1979

Mayring, P.: Einführung in die qualitative Sozialforschung. Weinheim 1999

Meichsner, B.: Nie zu früh. Naturwissenschaften in Kindergarten und Grundschule. In: chemie report 1 (2002), H. 1/2, S. 11

Mietzel, G.: Pädagogische Psychologie des Lernens und Lehrens. 5., vollständig überarbeitete Auflage des Buches 'Psychologie in Erziehung und Unterricht'. Göttingen 1998

Möller, K.: Lernen durch Tun. Handlungsintensives Lernen im Sachunterricht der Grundschule. Frankfurt/M. u.a. 1987

Möller, K.: Handeln, Denken und Verstehen. Untersuchung zum naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht in der Grundschule. Essen 1990

Möller, K.: Lernen im Vorfeld von Physik und Technik – Neuere Untersuchungen zum naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht. In: GDCP 21 (1991), S. 18-36

Möller, K.: Lehr-Lernprozessforschung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich des Sachunterrichts. In: Duit, R./Rhöneck, C.v. (Hrsg.): Ergebnisse fachdidaktischer Lehr-Lern-Forschung. Kiel 2000, S. 131-156

Möller, K.: Die naturwissenschaftliche Perspektive im Sachunterricht. Ziele, Probleme und Forschungsergebnisse. In: Fölling-Albers, M. u.a. (Hrsg.): Jahrbuch Grundschule III: Fragen der Praxis – Befunde der Forschung. Seelze/Velber 2001, S. 105-111

Möller, K./Jonen, A./Hardy, I./Stern, E.: Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. In: Prenzel, M./Droll, J. (Hrsg.): Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen. Weinheim 2002, S. 176-191

Muckenfuß, H.: Wie präzise dürfen physikalische Begriffe sein, damit Schüler sie noch verstehen? Erläutert an der Begrifflichkeit der Elektrik. In: MNU 41 (1988), H. 7, S. 397-406

Müller, A.: Lernschwierigkeiten im Chemieunterricht – Systematisierung und Analyse chemiedidaktischer Literatur. Unveröffentlichte Staatsexamensarbeit. Paderborn 1999

Müller, A./Becker, H.-J.: Chemie als Freizeitbeschäftigung – Standpunkte und Perspektiven für chemiedidaktische Forschung: In: PdN - Chemie (ChidS) 50 (2001), H. 5, S. 28-31

Mussen, P.H. et al.: Lehrbuch der Kinderpsychologie. Bd. 1. Stuttgart 1993

Nay, U.: Rasch zur Theorie. In: NiU - Physik/Chemie 26 (1978), S. 215-218

Nay, U.: Kinder deuten chemischen Versuche. Münster 1989

Nay, U./Glatzel, D.: Schulkindliche Identifizierung von Säuren und Laugen. In: SMP 6 (1978), S. 244-249

Nickel, H.: Entwicklungspsychologie des Kindes- und Jugendalters. Bd. II. Schulkind und Jugendlicher. Bern 1979

Niedderer, H.: Überblick über Lernprozessstudien in Physik. In: Duit, R./Rhöneck, C.v. (Hrsg.): Lernen in den Naturwissenschaften. Beiträge zu einem Workshop an der pädagogischen Hochschule Ludwigsburg. Kiel 1996, S. 119-144

Novick, S./Nussbaum, J.: Junior high school pupils' understanding of the particular nature of matter: an interview study. In: Science education 62 (1978), H. 3, S. 273-281

Oerter, R.: Psychologie des Denkens. Donauwörth 1972

Oerter, R./Dreher, M.: Entwicklung des Problemlösens. In: Oerter, R./Montada, L. (Hrsg.): Entwicklungspsychologie. Weinheim 1998, S. 561-621

Opaschowski, H.: Pädagogik der freien Lebenszeit. Opladen 1996

Pauen, S.: Wie klassifizieren Kinder Lebewesen und Artefakte? Zur Rolle des Aussehens und der Funktion von Komponenten. In: Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie 28 (1996), H. 1, S. 20-32

Pekrun, R./Schiefele, U.: Emotions- und motivationspsychologische Bedingungen der Lernleistung. In: Weinert, F.E. (Hrsg.): Psychologie des Lernens und der Instruktion. Göttingen 1996, S. 154-180

Pfeifer, P.: Möglichkeiten und Grenzen des Fachbezugs Chemie in der Grundschule. In: chimica didactica 11 (1985), S. 47-62

Pfeifer, P./Häusler, K./Lutz, B.: Konkrete Fachdidaktik Chemie. München 1992

Pfundt, H./Duit, R.: Bibliographie Alltagsvorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht. 4. Aufl. Kiel 1994

Piaget, J./Inhelder, B.: Die Entwicklung der physikalischen Mengenbegriffe beim Kinde. Stuttgart 1975

Prenzel, M./Krapp, A./Schiefele, H.: Grundzüge einer pädagogischen Interessentheorie. In: Zeitschrift für Pädagogik 32 (1986), S. 163-173

Prenzel, M./Lankes, E.-M.: Wie Lehrer Interesse wecken und fördern können. In: Bäuerle, S. (Hrsg.): Der gute Lehrer: Empfehlungen für den Umgang mit Schülern, Eltern und Kollegen. Stuttgart 1989, S. 66-81

Prenzel, M./Lankes, E.-M.: Anregungen aus der pädagogischen Interessenforschung. In: Grundschule 27 (1995), H. 6, S. 12-13

Prenzel, M./Lankes, E.-M./Minsel, B.: Interessenentwicklung in Kindergarten und Grundschule. In: Schiefele, U./Wild, K.P. (Hrsg.): Interesse und Lernmotivation. Münster 2000, S. 11-30

Press, H.-J.: Spiel das Wissen schafft. Mit über 400 Anregungen zum Experimentieren und Beobachten der Natur. Ravensburg 2004

Redaktion: Bildungsinitiative Chemie – von der GDCh unterstützt. In: NChTl 50 (2002), S. 394-396

Reiß, W.: Kinderzeichnungen. Wege zum Kind durch seine Zeichnungen. Neuwied 1996

Reusser, K.: Problem solving beyond the logic of things. In: Instructional Science 7 (1988), S. 309-338

Reusser, K.: Denkstrukturen und Wissenserwerb in der Ontogenese. In: Enzyklopädie der Psychologie (C/II/6), Göttingen 1998, S. 115-166

Reusser, K./Reusser-Weyeneth, M.: Verstehen als psychologischer Prozess und als didaktische Aufgabe: Einführung und Überblick. In: Reusser, K./Reusser-Weyeneth, M. (Hrsg.): Verstehen. Psychologischer Prozess und didaktische Aufgabe. Bern 1994, S. 9-35

Rheinberg, F.: Zweck und Tätigkeit. Göttingen 1989

Risch, B./Lück, G.: Stiefkinder des Sachunterrichts. Lehrplananalyse des naturwissenschaftlichen Anfangsunterrichts. In: Grundschule 36 (2004), H. 10, S. 63-66

Rolff, H.-G./Zimmermann, P.: Über einige Schwierigkeiten, die Kinder zu erforschen. Westermanns Pädagogische Beiträge 38 (1986), H. 5, S. 8-9

Schanze, S.: Wissenserwerb mithilfe der internetbasierten Lernumgebung ChemNet. Eine empirische Untersuchung zum Lernen mit linearen und vernetzten Hypertexten. Dissertation. Kiel 2001

Schermer, F.: Lernen und Gedächtnis. 2., überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart 1998

Schiefele, H.: Interesse – Neue Antworten auf ein altes Problem. In: Zeitschrift für Pädagogik 32 (1986), S. 153-162

Schietzel, C.: Exakte Naturwissenschaften in der Grundschule? In: Grundschule 5 (1973), S. 153-164

Schmidkunz, H.: Zur Konzeption der Chemie im Sachunterricht der Grundschule. In: NiU - Chemie 19 (1971), S. 477-480

Schnotz, W.: Psychologische Aspekte des Wissenserwerbs und der Wissensveränderung. In: Duit, R./Rhöneck, C.v. (Hrsg.): Lernen in der Naturwissenschaften. Kiel 1996, S. 15-36

Schreiber, A.: Das große Buch der Experimente. Über 200 Versuche aus allen Wissensgebieten. Augsburg 2000

Schwedt, G.: Lab & Co. – Mitmach Labors. In: NChTl 50 (2002), S. 148- 149

Sebald, D./Häußler, K.: Was wissen Schüler der Primarstufe von Säuren? In: NiU – Physik/Chemie 35 (1987), H. 27, S. 290

Seel, N.M.: Psychologie des Lernens. Lehrbuch für Pädagogen und Psychologen. München 2000

Seiler, T.B.: Begriffsentwicklung und die Veränderung des Verstehens. In: Engelkamp, J. (Hrsg.): Psychologische Aspekte des Verstehens. Berlin 1984, S. 55-74

Seiler, T.B.: Zur Entwicklung des Verstehens – oder wie lernen Kinder und Jugendliche verstehen? In: Reusser, K./Reusser-Weyeneth, M.: Verstehen: psychologischer Prozess und didaktische Aufgabe. Bern 1994, S. 69-88

Seiler, T.B./Wannenmacher, W.: Begriffs- und Bedeutungsentwicklung. In: Oerter, R./Montada, L.: Entwicklungspsychologie: ein Lehrbuch. 2. Aufl.. München 1987, S. 463-505

Sodian, B.: Entwicklung bereichsspezifischen Wissens. In: Oerter, R./Montada, L. (Hrsg.): Entwicklungspsychologie. Weinheim 1998. S. 622-653

Spreckelsen, K.: Funktionen des Schülerexperiments im Sachunterricht. GDCP 22 (1992), S. 105-107

Spreckelsen, K.: Verstehen in Phänomenkreisen. In: Möller, K. et al. (Hrsg.): Handeln und Denken im Sachunterricht. Münster 1995, S. 23-34

Spreckelsen, K.: Wie Grundschulkinder physikalische Phänomene verstehen. In: Grundschule 29 (1997), H. 10, S. 18-19

Steiner, G.: Lernverhalten, Lernleistung und Instruktionsmethoden. In: Enzyklopädie der Psychologie (D/I//Bd. 2). Göttingen 1996, S. 279-317

Steinmetz, J.: Experimentieren statt lange ausschlafen. In: Westfälisches Volksblatt Nr. 244, 19.10. 2000

Steinmetz, J.: Der Milch auf der Spur. Chemie-Didaktiker wollen kindliches Interesse für chemische Phänomene wecken. In: Westfälisches Volksblatt Nr. 247, 24.10. 2001

Stern, W.: Psychologie der frühen Kindheit. Bis zum sechsten Lebensjahr. Achte, unveränderte Auflage. Heidelberg 1965

Stern, E.: Wie abstrakt lernt das Grundschulkind? Neuere Ergebnisse der entwicklungspsychologischen Forschung. In: Petillon, H. (Hrsg.): Handbuch der Grundschulforschung, Bd. 5, Leverkusen 2002, S. 22-28

Strunk, U.: Die Behandlung von Phänomenen aus der unbelebten Natur im Sachunterricht: die Perspektive der Förderung des Erwerbs von kognitiven und konzeptuellen Fähigkeiten. Dissertation. Kiel 1998

Strunk, U./Lück, G./Demuth, R.: Der naturwissenschaftliche Sachunterricht in Lehrplänen, Unterrichtsmaterialien und Schulpraxis – Eine quantitative Analyse der Entwicklung in den letzten 25 Jahren. In: ZfDN 4 (1998), S. 69-80

Stückrath, F.: Die Anfänge der Chemie im Weltbild des Kindes. In: Westermanns Pädagogische Beiträge 5 (1953), S. 403-410

Stückrath, F.: Die geistige Entwicklung des Kindes in der technischen Wirklichkeit. In: Westermanns Pädagogische Beiträge 8 (1956), S. 213-219

Sumfleth, E.: Verfahren zur Untersuchung kognitiver Strukturen. In: chimica didactica 13 (1987a), S. 161-193

Sumfleth, E.: Über den Zusammenhang zwischen Schulleistung und Gedächtnisstruktur. Eine Untersuchung zu Säure-Base-Theorien. In: NiU – Physik/Chemie 35 (1987b), H. 21, S. 29-35

Sumfleth, E.: Chemieverstehen in Abhängigkeit vom Vorwissen. In: Duit, R./Rhöneck, C.v. (Hrsg.): Lernen in den Naturwissenschaften. Kiel 1996, S. 228-249

Sumfleth, E./Geisler, A.: Untersuchung zur Veränderung von Schülervorstellungen im Laufe der Schulzeit im Bereich Säure/Base. In: GDCP 25 (1997), S. 266-268

Sumfleth, E./Geisler, A.: Veränderungen von Schülervorstellungen im Bereich Säuren und Basen. In: GDCP 26 (1998), S. 205-207

Sumfleth, E./Geisler, A.: Entwicklung von Schülervorstellungen im Laufe der Schulzeit am Beispiel der Säure-Base-Thematik. In: chimica didactica 27 (2001), S. 122-157

Sumfleth, E./Tiemann, R.: Bilder und Begriffe – Repräsentieren sie ähnliche Inhalte? In: ZfDN 6 (2000), S. 115-127

Tergan, S.-O.: Modelle der Wissensrepräsentation als Grundlage qualitativer Wissensdiagnostik. Opladen 1986

Universität Bielefeld: Tagungsband zum Workshop „Außerschulische Lernorte – „Chemie zum Anfassen“ Universität Bielefeld, 16.-18. Februar 2004

Upmeier zu Belzen, A. et al.: Schulische und außerschulische Einflüsse auf die Entwicklungen von naturwissenschaftlichen Interessen bei Grundschulkindern. In: Prenzel, M./Droll, J. (Hrsg.): Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen. Weinheim 2002, S. 291-307

Urhahne, D.: Motivation und Verstehen. Studien zum computergestützten Lernen in den Naturwissenschaften. Münster 2002

Voglhuber, H.: Chemieexperimente in der Volksschule. In: Chem.Sch. 15 (2000), H. 1, S. 10-11

Wagenschein, M.: Der Vorrang des Verstehens. Pädagogische Anmerkungen zum mathematisierenden Unterricht. In: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 26 (1973), S. 385-392

Wagenschein, M.: Naturphänomene sehen und verstehen. Genetische Lehrgänge. Stuttgart 1980

Weinert, F.E.: Wissen und Denken. Die unterschätzte Bedeutung des Gedächtnisses für das menschliche Denken. In: Naturw. Rdsch 50 (1997), H. 5, S. 169-174

Weinert, F.E. /Helmke, A.: Wie bereichsspezifisch verläuft die kognitive Entwicklung? In: Duit, R./Gräber, W. (Hrsg.): Kognitive Entwicklung und Lernen in den Naturwissenschaften. Kiel 1993, S. 27-44

Weinert, F.E. /Waldmann, M.R.: Wissensentwicklung und Wissenserwerb. In: Mandl, H./Spada, H. (Hrsg.): Wissenspsychologie. Weinheim 1988, S. 161-199

Weißenhorn, R.G.: Säuren und Basen. Schlüsselbegriffe und Dialogstrukturen zwischen Zustand und Bewegung. In: NiU-Chemie 7 (1996), H. 34, S. 26-30

Welzel, M.: Eine Methode zur empirischen Beschreibung von Bedeutungsentwicklungen und Lernen bei Schülern über Verhaltensbeobachtung. In: Schriftreihe des Zentrums für Kognitionswissenschaften. Band III. Bremen 1995, S. 159-185

Wenck, H.: Der chemische Aspekt im Sachunterricht der Grundschule. In: GDCP 24 (1996), S. 173-175

Wertheimer, M.: Produktives Denken. Frankfurt 1964

White, R./Gunstone, R.: Alternativen zur Erfassung von Verstehensprozessen. In: Unterrichtswissenschaft 27 (1999), S. 128-134

Wiebel, K.H.: „Laborieren“ als Weg zum Experimentieren im Sachunterricht. In: Die Grundschulzeitschrift 139/2000, S. 44-47

Witzel, A.: Verfahren der qualitativen Sozialforschung. Überblick und Alternativen. Frankfurt 1982

Witzel, A.: Das problemzentrierte Interview. In: Jüttemann, G. (Hrsg.): Qualitative Forschung in der Psychologie. Weinheim 1985, S. 227-256

Woest, V.: Der „ungeliebte“ Chemieunterricht? – Ergebnisse einer Befragung von Schüler der Sekundarstufe II. In: MNU 50 (1997), S. 50-54

Wolf, W.: Chemie – ein schwieriges Schulfach? In: NChTl 49 (2001), S. 763-766

Wöhrmann, H.: Umwelt erkunden. Chemie im naturwissenschaftlichen Aspekt des Sachunterrichts? In: Grundschulunterricht 43 (1996), H. 4, S. 21-22

Wygotski, L.S.: Denken und Sprechen. Stuttgart 1964

XLAB. Göttinger Experimentallabor für junge Leute e.V.: Rotkohl in allen Farben. Online in Internet: URL: <http://www.xlab-goettingen.de> [Stand: 15.08.2005]

Zietz, K.: Kind und physische Welt. Psychologische Voraussetzungen der Naturlehre in der Volksschule. München 1969

Zimbardo, P.: Psychologie. 6., neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Berlin u.a. 1995

Anhang A – Zeichnungstranskripte

Interviewprotokoll der Untersuchungssituation „Zeichnung“ mit Charlott

1. Versuchsleiter: Das Tonband zeichnet jetzt alles auf, was wir gleich zusammen besprechen.
2. Charlott: Oder Malen.
3. Versuchsleiter: Weißt wohl schon, was Du machen sollst! Also, dann pass' mal auf. Ich erkläre Dir das jetzt mal kurz: Jetzt musst Du Dich erst mal richtig konzentrieren. Das habe ich den anderen Kindern auch gesagt. Ich muss das nämlich später aufschreiben, was Du malst, und mir erzählst.
4. Charlott: Was ist noch mal Lauge?
5. Versuchsleiter: Pass auf, wir machen das folgendermaßen, Charlott. Ich nenne Dir jetzt eine Aufgabe. Dazu habe ich den anderen Kindern geraten, sie sollen die Augen zumachen und sich die Aufgabe, ganz im Stillen, vergegenwärtigen. Und wenn Du das gemacht hast, dann kannst Du anfangen zu malen. Okay?
6. Charlott: Oh, ich weiß gar nicht mehr, was-
7. Versuchsleiter: Als erstes würde ich gerne, dass Du ein Bild malst, das mit dem Wort Säure zu tun hat.
8. Charlott: Zitronensäure!
9. Versuchsleiter: Du kannst malen-
10. Charlott: Soll ich?
11. Versuchsleiter: Du kannst malen, was Du möchtest. Es soll nur mit Säure zu tun haben. Was Du denkst, was mit Säure zu tun hat.
12. Charlott: Also, jetzt nur Säure? Kann ich verschiedene Sachen auf das Blatt malen?
13. Versuchsleiter: Kannst Du. Ich hoffe, dass Du alle Farben hast.
14. Charlott: Ja. Ich male jetzt die Zitronensäure. Wie, soll ich einfach nur eine Zitrone malen?
15. Versuchsleiter: Versuch das mal selbstständig zu machen, Charlott. Ohne, dass ich Dir eine Hilfe gebe.
16. Charlott: Darf ich auch hier drüber schreiben: Säure?
17. Versuchsleiter: Darfst Du machen.
18. Charlott: Wird Säure mit zwei ‚E‘ geschrieben?
19. Versuchsleiter: Nein, nur mit einem.
20. Charlott: Säure.
21. Versuchsleiter: Okay. Und jetzt male ein Bild, das mit einer Säure zu tun hat.
22. Charlott: Mehrere Bildchen male ich.
23. Versuchsleiter: Was ist das jetzt, was Du malst, Charlott?
24. Charlott: Die Zitrone.
25. Versuchsleiter: Eine Zitrone.
26. Charlott: Ein bisschen schlecht. Aber ist doch egal, oder?
27. Versuchsleiter: Ich weiß schon, was Du meinst.
28. Charlott: Soll ich noch ‚Zitrone‘ drunter schreiben, oder-?

29. Versuchsleiter: Nein. Das kann ich mir vorstellen. Und was, Charlott, hat die Zitrone mit einer Säure zu tun?
30. Charlott: Also-. Also, hmmh-. Also, die Zitrone ist bitter und sauer. Und wir haben abgemacht, was sauer ist und bitter, das ist Säure. Und: das ist Säure, die Zitrone. Weil Sie schmeckt bitter und sauer.
31. Versuchsleiter: Na gut.
32. Charlott: Rotkohlsaft! Ja, Rotkohlsaft.
33. Versuchsleiter: Mal, was Du meinst.
34. Charlott: Ach nee, male ich nicht.
35. Versuchsleiter: Und warum nicht?
36. Charlott: Weil ich erst noch mal nachdenke. Wie schmeckt eigentlich noch mal Rotkohl? Ich glaube so süßlich.
37. Versuchsleiter: Ich weiß es nicht.
38. Charlott: Ja, süßlich. Weil wir haben ja auch Weihnachten das gegessen, schmeckt ein bisschen süßlich. Gehört süßlich dazu, zu Säure?
39. Versuchsleiter: Charlott: Wir wollen kein Frage-Antwort-Spiel machen. Du sollst nur-
40. Charlott: Jetzt male ich den Rotkohl-
41. Versuchsleiter: Fertig?
42. Charlott: Mmh.
43. Versuchsleiter: Und warum hast Du jetzt noch Rotkohl gemalt? Was hat der mit einer Säure zu tun?
44. Charlott: Hmmh, weil. Sauer und süß. Sauer ist das Gegenteil von süß und süß ist das Gegenteil von sauer. Und dann kann es ja auch nur noch Säure sein, dann ist also seine Säure sauer und süß. Und der Rotkohl ist süß.
45. Versuchsleiter: Aha, jetzt habe ich verstanden, was Du meinst.
46. Charlott: Dann müsste dann eigentlich auch der Rotkohl sein.
47. Versuchsleiter: Okay. Darf ich dann das Bild haben?
48. Charlott: Mmh.
49. Versuchsleiter: Fällt Dir denn sonst noch etwas ein, zu Säure?
50. Charlott: Hmmh. Ich krame noch mal nach. Grapefruitsaft!
51. Versuchsleiter: Grapefruitsaft.
52. Charlott: Weil, das auch auf dem Tisch stand, und da habe ich noch mal im Kopf gekramt, was alles auf dem Tisch stand, und dann habe ich gedacht, das Grapefruitsaft auch was ist, weil das schmeckt auch bitter!
53. Versuchsleiter: Grapefruitsaft meinst Du?
54. Charlott: Ja, Grapefruitsaft. Weil süß, sauer und bitter alles Säure ist und Grapefruitsaft ist bitter. Habe ich ja auch probiert.
55. Versuchsleiter: Möchtest Du das mit dem Grapefruitsaft noch malen, oder soll ich mir das einfach merken?
56. Charlott: Malen. Ich male ein Glas. Endlich habe ich mal ein gutes Glas gemalt. Und dann male ich da Gelb. Manchmal muss man auch die Farben mischen. Sieht jetzt zwar aus wie Möhrensaft, na ja, aber musst Du erkennen.

57. Versuchsleiter: Okay, dann habe ich das schon mal, das Bild. Dankeschön.
58. Charlott: Bitte sehr. Jetzt kommt Lauge, ne?
59. Versuchsleiter: Warte, warte, warte. Ich wollte Dich gleich noch etwas zu dem Projekt fragen. Also: Zweite Klasse, ist ja klar. Machst Du eigentlich manchmal in Deiner freien Zeit auch Versuche, Charlott?
60. Charlott: Ja, ich nehme dann immer Spülmittel und so. Ja, mache ich.
61. Versuchsleiter: Macht Dir das Spaß?
62. Charlott: Na klar.
63. Versuchsleiter: Und was macht Dir daran Spaß? Kannst Du das sagen?
64. Charlott: Dann erfinde ich neue Sachen und dann schnüffle ich auch mal gerne wie das so riecht. Und wie sich das verfärbt. Ich habe letztens mal mit Seife gearbeitet. Habe ich das in so ein Glas getan. Und dann habe ich da, hmmh, verschiedene Seifen reingetan und Flüssigkeiten, Zucker, blaue Seife, orange Seife und durchsichtige, und dann habe ich das geschüttelt. Und dann kam eine Farbe raus und das riecht schlecht. Aber es ist immer blöd, wenn man dann irgendwelche Versuche macht, die, wo gar nichts richtiges rauskommt. Deswegen wollte ich auch in den Kurs.
65. Versuchsleiter: Prima. Dein Lieblingsfach in der Schule, Charlott. Welches ist das?
66. Charlott: Ich habe viele. Kann ich alle aufsagen?
67. Versuchsleiter: Klar, sag mal.
68. Charlott: Religion, Sprache, Sport, Mathematik.
69. Versuchsleiter: Ist das auch ein Lieblingsfach von Dir: Mathe? Macht alles gleich viel Spaß?
70. Charlott: Ja. Und Kunst.
71. Versuchsleiter: Okay.
72. Charlott: Und noch ein bisschen Musik. Aber Musik finde ich eigentlich blöd. Da lernen wir gar nichts mehr. Flöte, oder so was. Da machen wir nur solche Baby-Texte.
73. Versuchsleiter: Okay. Alles klar. Jetzt kommt das zweite Bild, Charlott.
74. Charlott: Mit Lauge! Weiß ich auch jetzt schon, was ich male.
75. Versuchsleiter: Genau. Du sollst jetzt als zweites Bild malen, was Dir zu dem Wort ‚Lauge‘ einfällt.
76. Charlott: Seife, -. Darf ich noch mal den Stift. Ich schreibe wieder Lauge.
77. Versuchsleiter: Ja, mach das.
78. Charlott: L – A – U – G – E. Was, was für eine Farbe machst Du für Seife? Ach, ich mach es so. Seife. Meister Propper. Ah, ne. Mit Meister Propper lasse ich mal.
79. Versuchsleiter: Ist das zu schwer zu malen, oder was meinst Du?
80. Charlott: Ach ne, weil ich habe jetzt nicht mehr so an Meister Propper die Erinnerung, was das noch mal war.
81. Versuchsleiter: Hmmh.
82. Charlott: Aber, das ist ja auch-. Ja, das nehme ich. Weil, Meister Propper ist auch eine Art von Seife.
83. Versuchsleiter: Na ja, aber ich weiß, was Du meinst. Und was haben Seife und Meister Propper –
84. Charlott: Weil, das alles Arten von Seife sind, und ich habe mich jetzt mal so angestellt, dass alles, was Seife ist, könnte ja eine Lauge sein. Weil, ich habe eben bei Säure gesagt:

- Säure ist bitter und süß. Und, Seife ist nicht bitter und süß. Die ist pappig und so was.
Und, hmmh, deshalb nehme ich, ordne ich jetzt Lauge mit Seife und Spülmittel.
85. Versuchsleiter: Aber dann hättest Du ja z.B. auch Butter hinmalen können. Die ist ja auch nicht-
86. Charlott: Hier?
87. Versuchsleiter: Ja, wenn Du sagst, dass das eine bitter und sauer schmeckt, Grapefruitsaft und Zitrone. -
Und Du jetzt etwas hinmalst, was nicht bitter und sauer schmeckt.
88. Charlott: Ja, Butter.
89. Versuchsleiter: Butter oder ein Stück Wurst oder Käse: Das schmeckt ja auch nicht bitter oder sauer.
90. Charlott: Ja, aber -. Butter, eh, Wurst male ich jetzt nicht, weil da BSE drinne ist. Ich mache erst die Butter.
91. Versuchsleiter: Oder hat es einen anderen Grund, warum Du jetzt ausgerechnet zu Lauge Meister Propper hingemalt hast?
92. Charlott: Ja, weil das mir zuerst durch den Kopf gegangen ist. Und, weil ich jetzt zuerst an Seife gedacht habe, mache erst mal ein, zwei, drei Seife. Und jetzt male ich was anderes.
93. Versuchsleiter: Okay. Dann mal doch noch vielleicht zwei Sachen, die mit Lauge zu tun haben.
94. Charlott: Schade, dass es schon zu Ende ist. Erkennst Du das, unser Seifenhütchen?
95. Versuchsleiter: Seifenhütchen, was ist denn das?
96. Charlott: Also, dieses-. Wo man die Butter reintut, dass Sie nicht schmilzt, dieses durchsichtige.
Jetzt male ich noch Käse, kann ich auch gut malen.
97. Versuchsleiter: Hat denn Käse auch was mit Lauge zu tun, Charlott.
98. Charlott: Das schmeckt nicht bitter, und auch nicht, hmmh, sauer oder süß.
99. Versuchsleiter: Hmmh.
100. Charlott: Käse schmeckt so stinkerhaft. Was ich nicht mag. Kann ich noch die Wurst?
101. Versuchsleiter: Nee, die Wurst lassen wir, Charlott. Die kann ich auch so ganz gut vorstellen.
102. Charlott: Stimmt.
103. Versuchsleiter: Dankeschön.

Interviewprotokoll der Untersuchungssituation „Zeichnung“ mit Christopher

1. Versuchsleiter: Was denkst Du denn, was wir heute machen?
2. Christopher: Über das, was wir letztes Mal gemacht haben, sprechen.
3. Versuchsleiter: Was haben wir denn das letzte Mal gemacht. Kannst Du Dich noch daran erinnern?
4. Christopher: Ja, wir hatten solche Begriffe und die sollten wir dann aufkleben, und dann Linien so machen.
5. Versuchsleiter: Welche Begriffe zusammengehören, die sollte man verbinden.
6. Christopher: Ja, so Oberbegriffe und dann Begriffe da drunter.
7. Versuchsleiter: Und wir hat Dir das so gefallen?
8. Christopher: Ganz gut.
9. Versuchsleiter: Ja? War mal was Neues. Heute, sollst Du auch etwas machen, das mit unserem Projekt zu tun hat – Allerdings nicht noch einmal solche Begriffskärtchen verschieben und verbinden, sondern Du sollst heute malen!
10. Christopher: Malen?
11. Versuchsleiter: Ja, ein Bild malen! Und zwar möchte ich Dich bitten, ein Bild dazu zu malen, was mit dem Wort ‚Säure‘ zu tun hat.
12. Christopher: Ja, das passt gut.
13. Versuchsleiter: Ich habe vorhin Sebastian gesagt, dass er die Augen schießen soll, und einen kurzen Moment nachdenkt. Dann entsteht vielleicht ein Bild vor den Augen. Und das Bild, das Du dann im Kopf hast, das kannst Du versuchen, zu zeichnen.
14. Christopher: Hmmh. Das passt gut, das haben wir in der Schule gemacht.
15. Versuchsleiter: Wie bitte?
16. Christopher: Da haben wir heute in der Schule darüber gesprochen.
17. Versuchsleiter: Über was?
18. Christopher: Säuren.
19. Versuchsleiter: Über Säuren?
20. Christopher: Ja, nicht viel. Wir hatten dann so ein Thema. Und dann sind wir zur Batterie gekommen.
21. Versuchsleiter: Im Sachunterricht?
22. Christopher: Nee, Mathe. Wir machen nicht so viel Mathe.
23. Versuchsleiter: Vielleicht kannst Du Dich auch noch an etwas erinnern, was wir in den Ferien, in unserem Projekt gemacht haben. Okay. Wenn Du so weit bist, fängst Du einfach an zu malen.
24. Christopher: Okay. Ich habe schon etwas. Darf ich schon anfangen?
25. Versuchsleiter: Du kannst anfangen, na klar.
26. Versuchsleiter: Sind alle Farben da, die Du brauchst?
27. Christopher: Ja.
28. Versuchsleiter: Gut. Ich sage jetzt erst mal nichts. Ich denke, dass Du vielleicht erst mal malen willst. Und wenn Du dann fertig bist, kannst Du mir ja Bescheid geben.

29. Christopher: Eigentlich fertig.
30. Versuchsleiter: Okay. Und jetzt kannst Du mir vielleicht mal erzählen, was Du gemalt hast.
31. Christopher: Ich habe gemalt, das wir hmmh-. Wir hatten ja in diesem Projekt dann geguckt, auch noch mit diesem Papierstreifen, und dann hatten wir ja den Unterschied zwischen Säure und Lauge festgestellt. Dann hatte ich hier, eh, aufgemalt. Dann hatten wir einmal solche Dosen, da war irgend so was drin, auch mal mit Zucker und Salz. Und dann haben wir ja Rotkohlsaft dazugekettet. Ja und dann noch mit den Farben, wie sich das verändert. Und das Papier. Wenn man das da reinhält. Indikatorpapier hieß das, glaube ich.
32. Versuchsleiter: Ja, stimmt. Indikatorpapier. Und die Sachen, die Du da jetzt gemalt hast, die stehen auf einem-
33. Christopher: Tisch. Das war da, hinter mir. Und bei dem Mineralwasser, da waren wir uns dann nicht so ganz einig, wo wir es hinstellen sollten.
34. Versuchsleiter: Hmmh. Und was für Sachen hast Du da alles im einzelnen gemalt?
35. Christopher: Ja, eh, eine Zitrone, Waschpulver und hier die Batterie, da ist auch Säure drin.
36. Versuchsleiter: In der Batterie?
37. Christopher: Ja.
38. Versuchsleiter: Hatten wir auch eine Batterie verwendet?
39. Christopher: Nein, aber das war noch was, was mir dann eben so eingefallen ist.
40. Versuchsleiter: Und die Sachen, die links außen auf dem Bild sind.
41. Christopher: Die?
42. Versuchsleiter: Ja.
43. Christopher: Das war das Waschmittel. Und diese Becher, das waren die Gläser, wo der Rotkohlsaft mit dem jeweiligen Mittel dann drinne war.
44. Versuchsleiter: Hmmh. Jetzt hast Du ja auch ganz verschiedene Farben verwendet. Du hast rot, gelb – die rote Zitrone beispielsweise – blau, bei dem Mineralwasser. Haben denn die Farben, mit denen Du gemalt hast, eine bestimmte Bedeutung? Oder hast Du die jetzt genommen, weil sie Dir gut gefallen haben.
45. Christopher: Nee. Also bei der Zitrone, die ist ja gelb.
46. Versuchsleiter: Zitrone ist gelb, klar.
47. Christopher: Das Mineralwasser, das sollte nicht so richtig blau sein. Durchsichtig wollte ich es nicht lassen.
48. Versuchsleiter: Wasser verbindet man ja oft mit blauer Farbe.
49. Christopher: Ja, genau. Dann die eine Dose hier. Und das Waschmittel, das konnte ich dann nicht malen. Dann hätte ich das in den Kreis malen müssen. Aber das ist meistens weiß.
50. Versuchsleiter: Ach so. Aber so ein bisschen rot ist bei dem Waschmittel ja auch dabei, oder?
51. Christopher: Das war wegen dem, eh, Rotkohlsaft. Hier in dem Glas.
52. Versuchsleiter: Ach so.
53. Christopher: Das ist die Verpackung.
54. Versuchsleiter: Darf ich mal sehen? Das hier außen, ist der Rotkohlsaft, ja?
55. Christopher: Mmh.

56. Versuchsleiter: Und das hier?
57. Christopher: Das ist, wo das Waschmittel drin ist.
58. Versuchsleiter: Ich schreib mir mal das dazu, ja?
59. Christopher: Ja, das kann ich aber auch gerne machen.
60. Versuchsleiter: Okay. Dann mach Du das. Schreib mal' dazu, was Du im einzelnen hingemalt hast. Hast Du denn jetzt auf dem Bild nur Säuren gemalt? Oder ist das alles, was Dir zu dem Thema ‚Säure‘ eingefallen ist??!
61. Christopher: Ja, da waren wir ja nicht ganz einig, bei dem Mineralwasser. Da wussten wir ja nicht, ob es eine Säure oder eine Lauge war.
62. Versuchsleiter: Hmmh. Was bedeutet denn der grüne Punkt auf dem Papierstück, ganz links außen?
63. Christopher: Das hier?
64. Versuchsleiter: Ja.
65. Christopher: Das ist das Papier, das sich verändert hat. Wenn man es irgendwo reingehalten hat.
66. Versuchsleiter: Das Indikatorpapier, das Du links daneben stehen hast.
67. Christopher: Ja, und das ist diese, eh, Tabelle, oder wie das heißt.
68. Versuchsleiter: Hmmh. Alles klar. Dann schreib das doch noch bitte dazu. Christopher, hmmh, die Sachen, die Du jetzt dorthin gemalt hast, was haben die denn mit ‚Säure‘ zu tun?
69. Christopher: Ja, das da eine Säure enthalten ist. Aber wahrscheinlich dann keine giftige, bei den meisten Sachen.
70. Versuchsleiter: Also, in den Sachen, die Du gemalt hast, ist Säure drin?
71. Christopher: Ja.
72. Versuchsleiter: Was ist denn zum Beispiel in der Zitrone drin.
73. Christopher: Na, die Zitronensäure.
74. Versuchsleiter: Hmmh. Und in der Batterie? Hast Du ja auch-
75. Christopher: Die Batteriensäure oder so.
76. Versuchsleiter: Und in dem Waschpulver?
77. Christopher: Da weiß ich nicht, wie sie heißt. Aber, da- Das hatten wir ja dazu eingeteilt. Weil das ja auch diese rötliche Farbe hat. Und dann wussten wir es durch die Zitrone. Weil die sich ja auch, wenn wir da Rotkohlsaft zugegeben haben, so rötlich verändert hat.
78. Versuchsleiter: Mmh.
79. Christopher: Das hier weiß ich nicht mehr, diese eine, was wir da hatten.
80. Versuchsleiter: Okay. Das ist nicht tragisch, lass ruhig. Bist Du denn dann so weit fertig mit dem Bild?
81. Christopher: Ja.
82. Versuchsleiter: Alles klar. Okay. Christopher, wie alt-
83. Christopher: 10 Jahre bin ich.
84. Versuchsleiter: Du bist in der fünften Klasse?
85. Christopher: Nee, vier.
86. Versuchsleiter: In der vierten Klasse. Und Dein Lieblingsfach in der Schule, Christopher: was ist das?
87. Christopher: Och. Eigentlich alles. Aber Sport und Mathe ganz besonders.
88. Versuchsleiter: Und das was wir hier gemacht haben, mir unseren Experimenten, hat Dir das auch gefallen?

89. Christopher: Ja, die Experimente. Das ausprobieren und so.
90. Versuchsleiter: Und wenn wir über unsere Experimente gesprochen haben, warum irgend etwas passiert.
91. Christopher: Auch. Ja, das gehört ja irgendwie mit zu. Wenn man so was macht, dann muss man ja auch darüber sprechen.
92. Versuchsleiter: Also, nur einfach Versuche machen, das fändest auch langweilig?
93. Christopher: Nee. Dann sollte man auch da drüber sprechen.
94. Versuchsleiter: Alles klar. Das schreibe ich mir noch dazu. Gut. Christopher. Könntest Du denn jetzt auf einem weiteren Blatt Papier auch ein Bild zu dem Begriff ‚Lauge‘ malen?
95. Christopher: Ja.
96. Versuchsleiter: Geht das auch?
97. Christopher: Mmh, aber ich würde nicht so viele finden.
98. Versuchsleiter: Nicht so viele Laugen, wie Du Säuren ‚gefunden‘ hast?
99. Christopher: Ja.
100. Versuchsleiter: Das musst Du auch nicht. Das ist kein Wettbewerb. Du kannst einfach das Bild malen, was Du Dir darunter vorstellst.
101. Christopher: Mmh.
102. Versuchsleiter: Sehr schön.
103. Christopher: Das ist der Meister Propper. Und das wird jetzt hier die Dose mit dem Atta. – Das war ja dieses weiße Pulver.
104. Versuchsleiter: Hmmh.
105. Christopher: Ja, mehr fällt mir jetzt nicht ein.
106. Versuchsleiter: Ja, ist doch in Ordnung.
107. Christopher: Ich habe es jetzt schon gleich beschriftet.
108. Versuchsleiter: Sehr schön. Meister Propper, Atta und Seife. Und die Farben, die Du dort genommen hast: das rote bei dem Atta und bei Meister Propper: Wo kommt das her?
109. Christopher: Das war ja jetzt der Deckel.
110. Versuchsleiter: Der Deckel. Und woher weißt Du, dass das etwas mit Lauge zu tun hat?
111. Christopher: Ich habe mir das jetzt wieder vorgestellt. Die Versuche, und wie wir das da aufgebaut hatten.
112. Versuchsleiter: Mmh.
113. Christopher: Erst hatten wir ja es alles nur so dahingestellt. Und dann hatten wir es ja zum Schluss geordnet. Da waren die Säuren, da die Laugen. Und in der Mitte war dann das Mineralwasser.
114. Versuchsleiter: Weißt Du denn auch noch, wie wir zu dieser Ordnung gekommen sind?
115. Christopher: Ja, mit dem Rotkohlsaft haben wir ja, hmmh, das dazu gegeben. Und dann hat sich das ja, also es ist eine andere Farbe rausgekommen. Und dann haben wir das ja noch mit dem Indikatorpapier gemacht. Und dann hat sich das so ergeben.
116. Versuchsleiter: Und wie konnten wir das feststellen? Was ist denn dann passiert?
117. Christopher: Also, dann, hmmh. Die Farbe des Papiers hat sich verändert. Wenn man das da dran gehalten hat.

118. Versuchsleiter: Wie bitte?
119. Christopher: Ja oder da rein und dann hat sich das verfärbt und dann an dieser, hmmh, Tabelle konnten wir dann feststellen. Dann haben wir geguckt, welche Farbe das war, dann haben wir das rausgekriegt.
120. Versuchsleiter: Prima. Du weißt ja noch sehr viel. Und meine letzte Frage: Lauge, was hat die denn mit den Stoffen zu tun, die Du jetzt gemalt hast? Wo ist denn die Lauge?
121. Christopher: Da drin.
122. Versuchsleiter: Okay, alles klar. Dann danke ich Dir schön für das Bild und als letztes, Christopher, ich schreibe mir noch das dazu, deinen Namen und ‚Bild von einer Lauge‘.

Interviewprotokoll der Untersuchungssituation ‚Zeichnung‘ mit Erik

1. Versuchsleiter: Hast Du denn eine Vorstellung von dem, was wir heute machen. Wenn Du Dich jetzt hier so umschaußt? Was meinst Du?
2. Erik: Vielleicht was malen?
3. Versuchsleiter: Genau. Du sollst etwas malen. Allerdings nicht so ganz ohne Anleitung, sondern ich möchte Dir eine Aufgabe geben. Und zwar ein Bild, das mit dem Projekt zu tun hat, was wir gemacht haben. Wenn Du Dich noch mal erinnerst: Weißt Du noch so, was wir gemacht haben?
4. Erik: Ja.
5. Versuchsleiter: Ich würde gerne, dass Du ein Bild zu dem Begriff Säure malst.
6. Erik: Hmmh.
7. Versuchsleiter: Ich habe den anderen Kinder einen Tipp gegeben: Vielleicht machst Du auch mal die Augen zu und stellst Dir dann ein Bild zu Säure vor. Und dieses Bild, das vor deinen Augen entsteht, sollst Du einfach malen. Du kannst ruhig auch zwischen drin erzählen, was Du malen möchtest.
8. Erik: Hmmh. Ich male jetzt hier ein Tisch, und da male ich noch Zitronen und alles was ne Säule, eh, Säure hat.
9. Versuchsleiter: Prima. Das ist wahrscheinlich eine Zitrone?
10. Erik: Mmh.
11. Versuchsleiter: Kannst Du ruhig draußen liegen lassen, die Stifte. Vielleicht brauchst Du die noch einmal.
12. Erik: Wir schreibt man O-Saft?
13. Versuchsleiter: Hmmh. So. Orangensaft also. Und was wird das, Erik?
14. Erik: Hmmh, Weintrauben.
15. Versuchsleiter: Kommt sonst noch was hinzu? Was auf deinen Tisch gehört?
16. Erik: Hmmh. Man kann jetzt noch Waschpulver oder irgend so was machen. Wo auch giftige Säure drinne ist.
17. Versuchsleiter: Also, man könnte noch viele Sachen hinmalen! Und welche, die hier auf dem Tisch gestanden haben?
18. Erik: Ja.
19. Versuchsleiter: Alles klar. Vielleicht können wir die noch einfach dazuschreiben. Oder Du erzählst sie einfach noch, und wir zeichnen das mit dem Mikrofon auf, was man noch malen könnte. Was fällt Dir noch zu Säure ein?
20. Erik: Propper, Creme.
21. Versuchsleiter: Wie bitte?
22. Erik: Creme. Man könnte hier aber auch noch was hinmalen. Waschmittel oder so.
23. Versuchsleiter: Na ja, vielleicht ergibt sich ja noch was bei dem zweiten Bild, was auch dahin gehört, was Du hinzeichnen kannst.
24. Erik: Mmh.

25. Versuchsleiter: Danke schön, Erik. Hmmh. Vielleicht noch mal ein paar Fragen. Wie alt bist Du?
26. Erik: Zehn.
27. Versuchsleiter: Und Du bist in der vierten Klasse in der Grundschule?
28. Erik: Mmh.
29. Versuchsleiter: Wenn Du das mal ein bisschen beschreibst: Findest Du es schöner, mehr zu arbeiten und Versuche zu machen oder wenn wir darüber reden und ich was erkläre.
30. Erik: Beides macht Spaß, finde ich.
31. Versuchsleiter: Schön. Hast Du denn auch das Gefühl, dass Du da was gelernt hast?
32. Erik: Ja, viel.
33. Versuchsleiter: Was denn zum Beispiel, wenn ich Dich das fragen darf?
34. Erik: Ich hab ja eigentlich noch nie Chemie gemacht.
35. Versuchsleiter: Also, was Du bisher noch nicht kanntest, da hast Du viel gelernt?
36. Erik: Mmh.
37. Versuchsleiter: Würdest Du noch mal wieder kommen zu uns?
38. Erik: Ja.
39. Versuchsleiter: Okay. Das wollte ich nur noch mal aufschreiben. Wollen wir noch ein Bild malen?
40. Erik: Ja.
41. Versuchsleiter: Prima.
42. Erik: Ein ähnliche Aufgabe wie eben: Nur sollst Du jetzt ein Bild malen, was zu dem Begriff Lauge passt. Und ist ein Bild da, in deinem Kopf?
43. Erik: Eh, eh.
44. Versuchsleiter: Kein Bild?
45. Erik: Eh, eh. Mir fällt nichts ein.
46. Versuchsleiter: Okay. Ist nicht schlimm. Dann machen wir hier mal Schluss.

Interviewprotokoll der Untersuchungssituation ‚Zeichnung‘ mit Jan und Lars

1. Versuchsleiter: Ich würde Euch gerne eine Aufgabe geben, zu der Ihr etwas malen sollt. Bei den anderen Kinder bin ich dabei immer so verfahren: Ich habe denen gesagt: „Ich sage Euch jetzt die Aufgabe, was Ihr machen sollt. Dann schließt die Augen und lasst die Aufgabe auf Euch wirken; vielleicht entsteht ein Bild vor euren Augen und dieses Bildversucht, zu malen. „Malt ein Bild zu dem Wort Säure“ Ihr könnt anfangen, wann Ihr wollt.
2. Lars: Ich habe es fertig: Zitronensäure.
3. Versuchsleiter: Was ist das, was Du gemalt hast?
4. Lars: Hmmh. Das sind die beiden Zitronen. Und da ist Säure.
5. Versuchsleiter: Das sind Zitronen, sagst Du. Und das hier unten die Zitronensäure?
6. Lars: Mmh.
7. Versuchsleiter: Darf ich Dir zu dem Bild noch ein paar Fragen stellen? Ist denn Zitronensäure genau das gleiche wie eine Zitrone?
8. Lars: Eh, eh. Eigentlich nicht.
9. Versuchsleiter: Und wo ist der Unterschied Lars?
10. Lars: Die Zitrone selbst ist ja gar keine Säure. Nur das Flüssige selbst ist ja die Säure.
11. Versuchsleiter: Das Flüssige in der Zitrone drin?
12. Lars: Mmh.
13. Versuchsleiter: Und: Fällt Dir sonst noch etwas zu Säure ein?
14. Lars: Hmmh: Salzsäure!
15. Versuchsleiter: Also, wenn Dir nichts weiter einfällt, ist nicht schlimm. Deinen Bruder lassen wir noch fertig malen.
16. Jan: Das soll ein Rotkohlkopf sein oder so was ähnliches. Das soll halt Rotkohlsaft sein. Und das kann z.B. Meister Propper sein, das Gelbe. Und wenn das da reintröpfelt, hmmh, ich glaube es war Meister Propper, dann wird das so rötlich, so pink.
17. Versuchsleiter: Auf jeden Fall ändert es die Farbe.
18. Jan: Ja, genau.
19. Jan: Und dann kann man das feststellen. Und – manche Säuren sind ätzend.
20. Versuchsleiter: Und weil Du sagtest, es könnte Meister Propper sein oder Zitrone. Sind Meister Propper und Zitrone Säuren oder?
21. Jan: Also, in Meister Propper ist Säure drin. Das ist nicht pur ne Säure. Das nicht.
22. Versuchsleiter: Okay. Alles klar. Und nun malt bitte ein Bild, das mit ‚Lauge‘ zu tun hat.
23. Lars: Welche Farbe hat ein Laugenbrötchen? Ich glaube, ich male noch mal neu.
24. Versuchsleiter: Möchtest Du ein Laugenbrötchen malen?
25. Lars: Wollt ich eben. Aber –
26. Versuchsleiter: Ja. Mal das, was Dir dazu einfällt.
27. Lars: Ist Lauge eigentlich auch flüssig?

28. Versuchsleiter: Hmmh. Ich dachte eigentlich, dass Du ein Bild ohne meine Hilfe malst. Das Du einfach denkst, dass stelle ich mir darunter vor, das Bild habe ich jetzt davon.
29. Lars: Hmmh.
30. Versuchsleiter: Mal einfach das, was Du denkst.
31. Versuchsleiter: Bist Du fertig Jan?
32. Versuchsleiter: Vielleicht kannst Du mir dazu noch etwas erzählen.
33. Jan: Also, das kann man wieder mit Rotkohlsaft testen, wie mit einer Säure. Und, eben, hmmh, also ne' Lauge färbt sich halt blau. Und das war zum Beispiel Pril. Pril war eine Lauge.
34. Versuchsleiter: Du sagtest gerade, dass sich eine Lauge blau färbt.
35. Jan: Hmmh, ja, so grünlich blau.
36. Versuchsleiter: Jetzt hast Du hier unten zwei Farben. Einmal so etwas orangefarbiges-.
37. Jan: Ja, ja, das soll das Zeug sein, wo der Rotkohlsaft reinkommt.
38. Versuchsleiter: Und dieser blaue Tropfen zeigt mir die Lauge an?
39. Jan: Ja.
40. Lars: Hier – das ist Rotkohlsaft und dann kommt der, das hier soll die Augen sein, so flüssig und dann ist das so türkis geworden, als wir dann Rotkohlsaft hinzugegeben haben.
41. Versuchsleiter: Und die Frage kann ich Euch beiden ja stellen, weil Ihr ähnliche Bilder gemalt habt: Kommt die Farbe von dem Rotkohlsaft oder von der Lauge?
42. Lars: Von den beiden. Das wird ja dann zusammengemixt.
43. Jan: Also, wenn. Pril ist ja jetzt so durchsichtig und wenn ich da Rotkohlsaft zugebe, dann wird ja beides blau oder grünlich und dann verändern ja eigentlich beide die Farben.
44. Versuchsleiter: Okay. Vielen Dank
45. Lars: Das da hinten sollte eigentlich erst ein Laugenbrötchen werden.
46. Versuchsleiter: Das hatte ich mir schon fast gedacht.

Interviewprotokoll der Untersuchungssituation „Zeichnung“ mit Marc und Nadja

1. Versuchsleiter: So, ihr Beiden. Ihr sollt heute noch mal etwas machen, was mit unserem Projekt zu tun hat. Und zwar sollt Ihr ein Bild zu einer Aufgabe malen, die ich Euch gebe. Mit den anderen Kindern, die in dem Projekt waren, habe ich das bisher auch gemacht. Den habe ich den Tipp gegeben, wenn ich die Aufgabe gestellt habe, das Sie die Augen schließen und überlegen, ob ein Bild vor den Augen entsteht. Und dieses Bild sollten sie dann versuchen, zu malen.
2. Nadja: Mmh.
3. Marc: Bei mir entsteht was mit Ferien.
4. Versuchsleiter: Also, als erstes würde ich Euch bitten, dass Ihr ein Bild malt, dass mit dem Begriff Säure zu tun hat.
5. Marc: Ah, ich male einen Baum.
6. Nadja: Also, eh, wo Säuren drauf sind.
7. Versuchsleiter: Hmmh. Was Euch zu dem Wort Säure einfällt.
8. Marc: Ein Baum!
9. Nadja: Das haben wir doch schon mal gemacht oder?
10. Marc: Doch!
11. Versuchsleiter: Und Marc?
12. 20. Marc: Ein Baum vielleicht?
13. Nadja: Ah, ich weiß schon.
14. Versuchsleiter: Vielleicht könnt Ihr Euch die Stifte teilen.
15. Nadja: Ja, können wir.
16. Marc: Ich guck' ab.
17. Nadja: Wehe.
18. Versuchsleiter: Nein Marc, versuch's mal allein. Fällt Dir denn was zu dem Wort ein, Marc?
19. Marc: Eh, eh.
20. Nadja: Können wir auch was schreiben?
21. Versuchsleiter: Ihr könnt ruhig etwas dazu schreiben.
22. Marc: Hmmh, hmmh.
23. Versuchsleiter: Also, wenn Dir nichts einfällt, Marc, dann ist das nicht schlimm. Dann warten wir, bis Nadja das Bild fertig gemalt hat.
24. Marc: Überlege ich.
25. Versuchsleiter: Hmmh, ja genau. Oder ich gebe dann noch eine andere spannende Aufgabe und vielleicht fällt Dir dazu noch etwas ein.
26. Marc: Ja.
27. Nadja: Oh Gott, ich habe keine Sonne gemalt, Marc.
28. Marc: Ich weiß schon, was das sein soll. Das soll, wie heißt es noch mal – eine-
29. Nadja: Sollen wir auch drunter schreiben, was es ist?
30. Versuchsleiter: Wenn das geht, ja. Ansonsten kann ich es auch selbst beschriften.

31. Marc: Ich weiß nicht mehr, was es. Zitrone soll das sein, glaube ich.
32. Nadja: Nee. Zitrone ist aber nicht ganz rund.
33. Marc: Hmmh.
34. Versuchsleiter: Sind alle Farben da, die Du brauchst, Nadja?
35. Nadja: Mmh.
36. Marc: Dahinter sind noch mehr.
37. Versuchsleiter: Bist Du fertig, Nadja?
38. Nadja: Ich überlege noch weiter.
39. Marc: Ah, ich weiß schon, was Du gemalt hast. Eine Zitrone!
40. Nadja: Eh, eh.
41. Marc: Was ist es denn?
42. Nadja: Halt einfach Deine Klappe.
43. Versuchsleiter: Marc, mal doch einfach mal Dein Bild.
44. Marc: Zitrone wäre vielleicht gut.
45. Versuchsleiter: Was fehlt denn noch Nadja?
46. Nadja: Weiß nicht.
47. Versuchsleiter: Ja, aber wie gesagt: Das ist nur eine Aufgabe, die Du ganz spontan machen sollst. Wenn Du jetzt sagst, dass Du jetzt fertig bist, dann ist das okay. Was hat denn Dein Bild mit Säure zu tun, Nadja?
48. Nadja: Hmmh, in einer Zitrone ist Säure drin. Also dieser Saft da.
49. Marc: Mach ich auch. Und in Apfel, ist auch ne Säure drin.
50. Versuchsleiter: Also, der Saft, den Du aus einer Zitrone pressen kannst oder wenn Du eine Zitrone aufschneidest
51. Nadja: Ja, genau.
52. Marc: Mal' ich jetzt auch einen Apfel.
53. Marc: Den meine ich auch.
54. Versuchsleiter: Alles klar.
55. Versuchsleiter: Marc. Wie alt bist Du noch mal?
56. Marc: Sieben. Sieben Jahre.
57. Versuchsleiter: Und bist Du in der zweiten Klasse?
58. Marc: Ja. Nächstes Jahr bin ich aber schon in die dritte.
59. Versuchsleiter: Im Sommer. Und Nadja ist in der vierten Klasse?!
60. Nadja: Mmh.
61. Versuchsleiter: Und, 10 Jahre?
62. Nadja: Eh, eh. Neun.
63. Versuchsleiter: Wirst Du noch zehn dieses Jahr?
64. Nadja: Nee, nächstes Jahr.
65. Versuchsleiter: Gut.
66. Marc: Hmmh. Zitronen schreibe ich einfach hin. Nicht eine.
67. Versuchsleiter: Eben hattest Du doch noch eine andere Idee, Marc, was Du noch malen kannst.
68. Marc: Apfel.

69. Nadja: Ist da eigentlich Säure drin?
70. Marc: Klar.
71. Nadja: Du sagst einfach klar. Haben wir doch, glaube ich, gar nicht ausprobiert.
72. Marc: Eine Zitrone, die ist riesig hier-
73. Versuchsleiter: Und was malst Du noch dazu, Nadja?
74. Nadja: Hmmh, ich. Wie heißen die denn noch mal? Weintrauben.
75. Versuchsleiter: Und in den Weintrauben, ist da-
76. Nadja: Säure drin. Ja, mmh.
77. Versuchsleiter: Hmmh, schmeckt die sauer, die Säure oder?
78. Nadja: Hmmh. Süß mehr. So. Ja, ist verschieden. Manche schmecken anders.
79. Versuchsleiter: Hmmh.
80. Marc: Das wird jetzt ein Apfel.
81. Versuchsleiter: Wie kommst Du da drauf, das da Säure drin enthalten ist?
82. Nadja: Ja, wir haben es ja auch ausprobiert.
83. Versuchsleiter: Hmmh. Wie denn?
84. Marc: Mit Apfel.
85. Nadja: Hmmh, mit dieser, wie heißt Sie noch mal. Mit den Kohl, eh-. Ich weiß nicht mehr, wie es heißt.
86. Marc: Weintrauben, da sind auch Säure drin.
87. Nadja: Nee. Mit diesem Kohlsaft da.
88. Versuchsleiter: Hmmh, mit dem Rotkohlsaft.
89. Nadja: Ja, genau.
90. Versuchsleiter: Und was malst Du noch, Marc?
91. Marc: Einen Apfel.
92. Versuchsleiter: Hatten wir mit dem Apfel auch was in unserem Projekt gemacht, Marc?
93. Marc: Nö.
94. Versuchsleiter: Also malst Du den einfach nur so.
95. Marc: Ja. Passt gut zu der Zitrone.
96. Versuchsleiter: Na gut, okay.
97. Nadja: Ich bin fertig. Nur noch schreiben.
98. Versuchsleiter: Okay. Darf ich es haben. Dankeschön. So. Marc, dann gebe ich Dir auch schon mal ein neues Blatt Papier. Und, hmmh, jetzt versuchen wir noch, ein anderes Bild zu malen. Und zwar, könnt Ihr Euch vielleicht auch noch daran erinnern, als wir über Säure gesprochen haben, bei mir im Labor, da haben wir auch noch über einen anderen Begriff gesprochen-
99. Nadja: Lauge.
100. Versuchsleiter: Genau. Du weißt ja noch gut Bescheid. Und jetzt würde ich gerne, dass ihr ein Bild malt, das mit Lauge etwas zu tun hat.
101. Marc: Ein Baum?
102. Nadja: Eh, eh.
103. Marc: Vielleicht-

104. Versuchsleiter: Na ja, vielleicht versucht es jeder von Euch selbst, wenn das geht. Wenn Euch was einfällt.
105. Nadja: Ich glaube Waschpulver, oder?
106. Marc: Ich brauche auch schwarz. Das erste guck' ich immer ab. Das zweite und dritte mache ich selber.
107. Versuchsleiter: Was malst Du jetzt Marc?
108. Marc: Keine Ahnung. Hmmh, was soll ich da jetzt hinschreiben. Keine Ahnung.
109. Versuchsleiter: Marc, versuch's doch noch mal. Wenn Dir nichts dazu einfällt, dann ist es nicht schlimm.
110. Nadja: Ich brauche das Rot.
111. Versuchsleiter: Marc, weißt Du denn, wo das Wort Lauge vorkommt? Kennst Du das irgendwo her?
112. Marc: Nö. Hmmh, mal überlegen.
113. Nadja: Da haben wir auch in dem Projekt drüber gesprochen.
114. Versuchsleiter: Kannst Du Dich denn vielleicht noch an etwas erinnern, was wir gemacht haben, mit Laugen? Was Du selbst gemacht hast, in einem Versuch?
115. Marc: Hmmh.
116. Versuchsleiter: Ich glaube, mit Yannick hast Du zusammengearbeitet!
117. Marc: Ja.
118. Versuchsleiter: Was habt Ihr denn da gemacht?
119. Marc: Da haben wir, eh, dieses, wie heißt es noch mal, diese Pinzette oder so. Mit Waschpulver so da rein gemacht und dann ist immer nur grün rausgekommen bei uns.
120. Nadja: Was haben wir denn da rein gemacht?
121. Marc: Hmmh, wie heißt das noch mal: diesen Laugensaft.
122. Nadja: Rotkohl, ne?
123. Marc: Das ist eine Laugenmaschine. Da kommt der Laugensaft raus.
124. Nadja: Können wir auch einen Rotkohlkopf malen und schreiben, damit haben wir-, also das haben wir dazugegeben?
125. Versuchsleiter: Sicher.
126. Marc: Wollt.
127. Versuchsleiter: Warum machst Du die Laugenmaschine jetzt rot, Marc? Hat das ein bestimmte Bedeutung oder findest Du es einfach nur schön?
128. Marc: Mmh.
129. Versuchsleiter: Vorhin hast Du ja eine andere Farbe genannt, die bei Dir und Yannick rausgekommen ist.
130. Marc: Ich mache noch einen grünen Strich drunter. Das da immer grün rausgekommen ist.
131. Versuchsleiter: Sag mal, Marc. Was hat Dir denn eigentlich an unserem Projekt am besten gefallen?
132. Marc: Eigentlich alles. Hmmh,
133. Versuchsleiter: Und Dir Nadja, was hat Dir am besten gefallen?
134. Nadja: Hmmh, eigentlich auch alles.
135. Versuchsleiter: Und wenn wir über die Versuche gesprochen haben?
136. Nadja: Doch, das finde ich auch gut.

137. Versuchsleiter: Glaubt Ihr, das Ihr etwas gelernt habt?
138. Marc: Klar.
139. Versuchsleiter: Du weißt jetzt, wie eine Laugenmaschine aussieht, hmmh?
140. Marc: Mmh.
141. Versuchsleiter: Und habt Ihr in der Schule auch mal über so was gesprochen, wie in unserem Projekt, über ‚Säure‘ oder ‚Lauge‘?
142. Nadja: Eh, eh.
143. Marc: Niemals.
144. Nadja: Aber wir haben in der Schule auch so Experimentsachen. Ja, vom Gymnasium gekriegt und Realschule.
145. Marc: Computers!
146. Versuchsleiter: Und was waren das für Versuche oder Experimente?
147. Nadja: Nee, wir machen noch welche. Glaube ich. Bei Herrn ist man sich nie so sicher.
148. Versuchsleiter: So, Nadja. Bist Du fertig? Kannst Du mir noch mal sagen, was Du-
149. Marc: Ich bin auch fertig. Eine Lauge und eine Laugenwaschmaschine.
150. Versuchsleiter: Sagst Du es bitte noch mal, Nadja?
151. Nadja: Ich hab' Waschpulver und- Weil wir das mit dem Rotkohl vermischt haben und ein Rotkohlkopf.
152. Versuchsleiter: Und: Ist denn Waschpulver oder ein Waschpulver eine Lauge oder-
153. Nadja: Weiß ich nicht so genau. Ich kann mich nicht mehr so daran erinnern. Aber ich glaube schon.
154. Versuchsleiter: Und der Rotkohlkopf?
155. Nadja: Damit haben wir es ja vermischt.
156. Versuchsleiter: Genau. Den hatten wir vorher gekocht. Gut, ihr Lieben. Ich drücke jetzt hier mal auf Stop.

Interviewprotokoll der Untersuchungssituation ‚Zeichnung‘ mit Sebastian

1. Versuchsleiter: So Sebastian: Ich würde gerne heute wieder so etwas ähnliches wie beim letzten Mal machen.
2. Sebastian: Ja.
3. Versuchsleiter: Weißt Du noch, was Du beim letzten Mal gemacht hast?
4. Sebastian: Hmmh. Da haben wir so Karten bekommen und so ein großes Blatt. Und dann sollten wir die so ordnen, wie wir es wohl in Erinnerung haben von dem, von der einen Woche in den Ferien. Und mit Strichen verbinden.
5. Versuchsleiter: Richtig, so ist das gewesen. Und weißt Du noch, was wir in den Wochen in den Ferien gemacht haben? Das ist ja jetzt schon einige Zeit her.
6. Sebastian: Ja, da haben wir so was mit Säuren und Laugen gemacht.
7. Versuchsleiter: Tja, Du hast ja noch eine gute Erinnerung. Das hast Du letztes Mal auch schon sehr schön gemacht, Sebastian. Heute möchte ich Dir auch wieder zwei Aufgaben stellen, die etwas mit dem Projekt in den Herbstferien zu tun haben. Du sollst heute ein Bild malen. Malst Du gerne?
8. Sebastian: Ja.
9. Versuchsleiter: Ich habe Dir hier ein paar Buntstifte mitgebracht. Ihr malt wahrscheinlich in der Schule mehr mit Wassermalfarben-.
10. Sebastian: Ja.
11. Versuchsleiter: Okay. Ich möchte Dich bitten, dass Du ein Bild dazu malst, was mit dem Begriff Säure zu tun hat.
12. Sebastian: Mmh.
13. Versuchsleiter: Also, male ein Bild einfach dazu, was Du glaubst, das mit einer Säure zu tun hat. Vielleicht schließt Du einfach mal die Augen und überlegst dabei.
14. Sebastian: Ja. Ich weiß auch schon eins.
15. Versuchsleiter: Hervorragend, dann fang einfach mal an.
16. Versuchsleiter: Und was malst Du da, Sebastian?
17. Sebastian: Ne' Zitrone. Ist zwar ein bisschen schief, aber.
18. Versuchsleiter: Jetzt hast Du sie ja schon fast ausgemalt.
19. Sebastian: Ja.
20. Versuchsleiter: Eine Zitrone. Hast Du noch eine weitere Vorstellung, was mit Säure zu tun hat?
21. Sebastian: Nee.
22. Versuchsleiter: Was hat denn die Zitrone-
23. Sebastian: Hmmh. Zitronensäure.
24. Versuchsleiter: Zitronensäure. Kannst Du das noch ein bisschen genauer sagen. Zitronensäure: Kann man die aus Zitronen machen oder ist die in Zitronen vorhanden?
25. Sebastian: Man kann aus Zitronen ‚Zitronensäure‘ machen.
26. Versuchsleiter: Und wie geht das?
27. Sebastian: Eh. Weiß ich nicht. Habe nie die Zutaten auf diesen Zitronenpackungen gelesen.
28. Versuchsleiter: Ach so. Aber die Zitrone, die Du gemalt hast, kann man normal kaufen?

29. Sebastian: Ja, eine ganz normale Zitrone.
30. Versuchsleiter: Kannst Du noch etwas weiter erzählen?
31. Sebastian: Nee, eigentlich nicht.
32. Versuchsleiter: Okay. Das ging ja jetzt schon mal sehr schnell. Jetzt kannst Du bestimmt auch noch ein Bild dazu malen, was zu dem Wort ‚Lauge‘ passt.
33. Sebastian: Hmmh.
34. Versuchsleiter: Hast Du da auch schon ein Bild im Kopf?
35. Sebastian: Nee, bist jetzt noch nicht.
36. Versuchsleiter: Vielleicht versuchst Du es noch mal mit dem Tipp von vorhin, dass Du die Augen schließt.
37. Sebastian: Ah ja, jetzt.
38. Versuchsleiter: Bereit zum Malen?
39. Sebastian: Mmh.
40. Versuchsleiter: Sieht aus wie ein Brezel.
41. Sebastian: Soll auch eine werden.
42. Versuchsleiter: Ja? Wieso verbindest Du das mit dem Wort ‚Lauge‘?
43. Sebastian: Weil, es gibt ja Laugenbrezeln.
44. Versuchsleiter: Weil das Wort Lauge in dem Wort Laugenbrezel vorkommt?
45. Sebastian: Mmh, ja.
46. Versuchsleiter: Na gut.
47. Sebastian: Ich weiß sonst nicht, wie eine Laugenbrezel geht.
48. Versuchsleiter: Na ja, hast Du doch ganz gut gemalt. Ich habe es ja schließlich gleich erraten können. Hmmh. Weißt Du denn sonst noch etwas zu Lauge?
49. Sebastian: Ich wüsste jetzt nur noch was zu malen: Laugenbrötchen, Laugenbrot. Sonst wüsste ich nichts.
50. Versuchsleiter: Na gut. Dann nehme ich auch dieses Bild. Mensch, das geht ja richtig schnell. Zum Schluss wollte ich Dich noch etwas anderes fragen. Und zwar: Sagst Du mir noch mal Dein Alter, Sebastian?
51. Sebastian: 10 Jahre.
52. Versuchsleiter: Und auf welche Schule gehst Du?
53. Sebastian: Gymnasium Theodorianum.
54. Versuchsleiter: In welcher Klasse bist Du?
55. Sebastian: 5a.
56. Versuchsleiter: Okay. Und hast Du denn ein Fach in der Schule, das Du am liebsten machst?
57. Sebastian: Latein und Biologie.
58. Versuchsleiter: Was gefällt Dir denn so an Deinen Lieblingsfächern?
59. Sebastian: An Latein die Sprache.
60. Versuchsleiter: Die hast Du jetzt wahrscheinlich erst kennen gelernt.
61. Sebastian: Ja. Und an Biologie, das wir da so Sachen mit Knochen und so durchnehmen.
62. Versuchsleiter: Das sind Inhalte, die Du bisher noch nicht kennen gelernt hast?
63. Sebastian: Ja.

64. Versuchsleiter: Und wie ist das mit Mathematik. Gefällt Dir das auch?
65. Sebastian: Ja, eigentlich auch. Aber nicht so sehr.
66. Versuchsleiter: Sag mal: Wenn Du an die Chemieprojekte denkst: Du hast ja jetzt schon ein zwei Projekten teilgenommen. Was hat Dir daran so gefallen?
67. Sebastian: Ja, wenn wir Versuche gemacht haben.
68. Versuchsleiter: Und wenn wir über die Versuche gesprochen haben, was wir so beobachten konnten und vielleicht auch mal erklärt haben, warum das in den Versuchen passiert. Wie hat Dir das gefallen?
69. Sebastian: Ja, auch gut.
70. Versuchsleiter: Und, hast Du auch was gelernt?
71. Sebastian: Ja, auf jeden Fall.
72. Versuchsleiter: Na, gut. Spitze. Das höre ich gerne. Willst Du denn dann im nächsten Jahr auch wiederkommen. Da machen wir nämlich wieder ein Projekt.
73. Sebastian: Ja, gerne.
74. Versuchsleiter: Sehr schön. Machst Du denn auch manchmal zu Hause Versuche?
75. Sebastian: Nee, eigentlich nicht.
76. Versuchsleiter: Okay. Vielen Dank.

Interviewprotokoll der Untersuchungssituation „Zeichnung“ mit Yannick

1. Versuchsleiter: Alles klar, dann kann es los gehen. Fühlst Du Dich wohl, Yannick?
2. Yannick: Ja.
3. Versuchsleiter: Kennst Dich ja hier unten auch ein bisschen aus. Yannick, weißt Du noch was wir das letzte Mal gemacht haben, als wir uns getroffen haben?
4. Yannick: Ja. Wir haben solche Bildchen auf ein Blatt geklebt und die sollten wir dann verbinden, was wir denken, was passt.
5. Versuchsleiter: Genau. Und was standen da so für Wörter auf diesen Bildkärtchen drauf?
6. Yannick: Ja, ganz unterschiedliche. Zum Beispiel Rot, dann stand da Säure drauf. Zitronensäure, Zitrone und so was.
7. Versuchsleiter: Du kannst Dich gut erinnern. Das waren alles Begriffe, die etwas mit unserem Projekt zu tun haben.
8. Yannick: Mmh.
9. Versuchsleiter: Und heute sollst Du auch noch mal was machen, was auch mit unserem Projekt zu tun hat. Du sollst etwas malen. Ich möchte Dir gerne eine Aufgabe stellen und Du sollst versuchen, zu dieser Aufgabe ein Bild zu malen.
10. Yannick: Mmh.
11. Versuchsleiter: Das ist gar nicht so schwer, denke ich. Mit den anderen Kinder bin ich so verfahren. Ich habe Ihnen die Aufgabe gegeben und dann folgendes gesagt: „Schließt Eure Augen, und versucht Euch für einen kleinen Moment zu konzentrieren“. Und wenn man das gemacht hat, dann soll man anfangen, zu malen.
12. Yannick: Mmh.
13. Versuchsleiter: Yannick: Ich möchte gerne ein Bild von Dir gemalt bekommen, das mit dem Wort „Säure“ zu tun hat.
14. Yannick: Mmh.
15. Yannick: Also, zum Beispiel, wie ich mir Säure vorstelle, wie das ist, ne?
16. Versuchsleiter: Genau, was Du Dir unter einer Säure vorstellst oder was mit einer Säure zu tun hat.
17. Yannick: Wie das schmeckt?
18. Versuchsleiter: Ganz egal. Was Du vor Deinen Augen für ein Bild davon hast.
19. Yannick: Hmmh. Säure ist eigentlich blau.
20. Versuchsleiter: Was sagst Du?
21. Yannick: Eigentlich blau, glaube ich.
22. Versuchsleiter: Ach, das Blaue soll Säure sein, was Du da malst.
23. Yannick: Das schmeckt so.
24. Versuchsleiter: Kannst Du versuchen, ein bisschen lauter zu sprechen, damit das auch in das Mikrofon kommt.
25. Yannick: Hmmh. Ich wollte nämlich malen, wie das so schmeckt, die Säure.
26. Versuchsleiter: Weißt Du denn, wie Säure schmeckt?
27. Yannick: Eh, eh. Glaub' sauer. Jetzt muss ich noch die Wand malen.

28. Versuchsleiter: Kommt die Säure da raus, oder-
29. Yannick: Mmh.
30. Versuchsleiter: Ist das ein Rohr?
31. Yannick: Mmh, was man hier aufdreht.
32. Versuchsleiter: Was ist das schwarze, Yannick, was Du da malst?
33. Yannick: Die Wand.
34. Versuchsleiter: Eine Hauswand, oder-
35. Yannick: Jetzt bin ich fertig.
36. Versuchsleiter: Sehr schön. Ist das eine Wand von einem Haus?
37. Yannick: Von einer Fabrik.
38. Versuchsleiter: Und was macht diese Fabrik.
39. Yannick: Die stellt Säure her. Was dann aus dem Wasserhahn rauskommt und dann sauber gemacht wird. Dahinten irgendwo.
40. Versuchsleiter: Also die Säure wird hergestellt!?
41. Yannick: Mmh.
42. Versuchsleiter: Und was wird dann mit der Säure gemacht?
43. Yannick: Die lässt man durch ein Sieb gießen, hier hinten, und dann kommt die raus und dann ist sie fertig, die Säure.
44. Versuchsleiter: Ist die schmutzig, die Säure oder warum muss die gesiebt werden?
45. Yannick: Nein. Wenn da noch was drinne ist, ein bisschen.
46. Versuchsleiter: Hat die irgendwelche besonderen Eigenschaften, die Säure? Kann ich mich zum Beispiel damit waschen?
47. Yannick: Nee. Glaub' nicht.
48. Versuchsleiter: Ist die gefährlich?
49. Yannick: Hmmh. Das weiß ich nicht mehr.
50. Versuchsleiter: Können wir denn mit Säure etwas anfangen, wenn Du sagst, dass die irgendwo hinfließt?
51. Yannick: Wir hatten ja das Thema ‚Säure‘. Und das war in einer Zitrone drin. Säure. Und das hier ist die Säure von der Zitrone.
52. Versuchsleiter: Wie bitte?
53. Yannick: Das ist die Säure dann davon.
54. Versuchsleiter: Aus der Zitrone. Alles klar. Das hast Du sehr schön gemalt, vielen Dank.
55. Yannick: Bitte.
56. Versuchsleiter: Und jetzt würde ich Dir gerne, bevor wir noch ein Bild malen, noch ein paar Fragen stellen. Du bist doch sieben Jahre alt? Oder bist Du mittlerweile schon acht.
57. Yannick: Ich werde am 14. acht.
58. Versuchsleiter: Am 14. Dezember? Am Freitag?
59. Yannick: Nee, am Donnerstag.
60. Versuchsleiter: Freust Du Dich schon?
61. Yannick: Ja.
62. Versuchsleiter: Schön. Und Du gehst in die zweite Klasse?

63. Yannick: Mmh.
64. Versuchsleiter: Was hat Dir denn besonders gut in dem Ferienprojekt gefallen, Yannick. Kannst Du Dich daran noch erinnern?
65. Yannick: Ja, wo wir im Labor waren.
66. Versuchsleiter: Im Labor? Was hat Dir da besonders gefallen?
67. Yannick: Weil ich da viele Sachen sehen konnte, die ich so noch nie gesehen habe.
68. Versuchsleiter: Also was Neues für Dich?
69. Yannick: Mmh.
70. Versuchsleiter: Und die Sachen, die wir hier gemacht haben, in dem Projekt?
71. Yannick: Die waren auch schön.
72. Versuchsleiter: Hast Du denn vielleicht schon mal in der Schule oder mit Freunden Versuche gemacht?
73. Yannick: Eh, eh. Noch nie.
74. Versuchsleiter: Noch nie? Fandest es aber ganz gut, das wir welche gemacht haben.
75. Yannick: Mmh.
76. Versuchsleiter: Kannst Du Dir vorstellen, dass Du noch mal hier hinkommst und wir noch mal zusammen arbeiten?
77. Yannick: Mmh.
78. Versuchsleiter: Was würdest Du denn dann gerne machen?
79. Yannick: Mit Strom was.
80. Versuchsleiter: Mit Strom? Warum denn mit Strom gerne?
81. Yannick: Hmmh, weil ich da-, also gerne was mit Strom mache.
82. Versuchsleiter: Na, wollen mir mal sehen. Vielleicht können wir mal irgendwas machen, mit Strom.
83. Yannick: Also, wir hatten bei der Sendung mit der Maus einmal gesehen, wie man auch Licht hinkriegt. Und, man so eine Zitrone nimmt und ein Stift und man hinten ein Loch rein baut und da so eine ausgebogene Büroklammer rein steckt. Und, und den Stift dann mit der Mine rein-. Und dann so eine verzinkte, so eine, so eine, eh, nicht so eine, hmmh, weiße. Die kommt dann auch da rein, alle dreißig Stück davon. Und das gibt dann irgendwann Licht.
84. Versuchsleiter: Hmmh. Guckst Du denn gerne Sendung mit der Maus?
85. Yannick: Ja und Peter Lustig.
86. Versuchsleiter: Löwenzahn. Haben die manchmal auch etwas in der Sendung mit Chemie zu tun?
87. Yannick: Peter Lustig hat einmal was, wie so Blitze entstehen. Also, da hat er sich dann so ein kleines Teil gebaut und dann an einer Kurbel immer gedreht, wo dann so eine Scheibe da drankommt und dann immer so Funken entstehen.
88. Versuchsleiter: Gut. Also mit Strom, das merke ich mir mal. Hmmh, und, bevor Du an dem Projekt teilgenommen hast. Hat Dir Deine Mama davon erzählt, dass dieses Projekt stattfindet?
89. Yannick: Mama hat mir nur gesagt, ob ich da gerne hingehen wollte. Und da habe ich ja gesagt.
90. Versuchsleiter: Und warum hast Du ja gesagt?
91. Yannick: Weil ich was Neues lerne. Und ich wollte es einfach gerne machen, ausprobieren.
92. Versuchsleiter: Und es hat Dir gut gefallen?
93. Yannick: Mmh.

94. Versuchsleiter: Spitze. So, Yannick. Die erste Aufgabe hast Du schon mal prima bewältigt. Jetzt hätte ich gerne, dass Du noch ein Bild malst. Einverstanden?
95. Yannick: Mmh.
96. Versuchsleiter: Keine Lust mehr?
97. Versuchsleiter: Wir machen es noch mal so, dass ich Dir die Aufgabe sage, und Du versuchst Dir noch mal etwas vorzustellen und dann ein Bild zu malen.
98. Yannick: Hmmh, ja.
99. Versuchsleiter: Und jetzt, Yannick, Konzentration. Jetzt würde ich gerne, dass Du ein Bild malst, was mit dem Wort ‚Lauge‘ zu tun hat.
100. Yannick: Hmmh.
101. Versuchsleiter: Vielleicht schließt Du die Augen und es entsteht wieder ein Bild.
102. Yannick: Ich würde sagen, Lauge ist salzig. Finde ich, glaube ich. Wie kann ich das denn malen. Einfach Salzkörner?
103. Versuchsleiter: Na ja, versuch's einfach mal. Ich will dich gar nicht beeinflussen. Mal einfach so, wie Du es denkst.
104. Yannick: Ein großes Laugenbrötchen.
105. Versuchsleiter: Was ist das gelbe, Yannick?
106. Yannick: Salzkörner.
107. Versuchsleiter: Alles klar.
108. Yannick: Soll ich das jetzt auch noch anmalen, in braun?
109. Versuchsleiter: Was bedeutet denn die orangene Farbe, die Du da genommen hast, Yannick?
110. Yannick: Das ist oben das helle, was auf dem Brötchen drauf ist. Wo die Salzkörner festgeklebt sind.
111. Versuchsleiter: Das ist also ein Brötchen, was Du da gemalt hast?
112. Yannick: Mmh, jetzt male ich noch ein Riesensalzkorn dran, weil ich Lauge salzig finde.
113. Versuchsleiter: Okay. Ausmalen brauchst Du das danach mit dem braun nicht mehr. Da weiß ich wohl, was Du meinst.
114. Yannick: Mmh.
115. Versuchsleiter: Fertig?
116. Yannick: Mmh.
117. Versuchsleiter: Spitze. Kann man denn auf dem Bild eine Lauge sehen?
118. Yannick: Hmmh. Die habe ich jetzt nicht gemalt.
119. Versuchsleiter: Hast Du nicht gemalt?
120. Yannick: Gerade nur wie ich das finde, so Lauge.
121. Versuchsleiter: Ist denn eine Lauge in diesem Brötchen drin?
122. Yannick: Eh, eh. Ich hab nur das, wie ich Lauge finde. Hab ich das so gemalt.
123. Versuchsleiter: Und da Lauge in dem Namen ‚Laugenbrötchen‘ drin ist, -
124. Yannick: Mmh, da ist Lauge drin.
125. Versuchsleiter: Und wie schmecken die Laugenbrötchen?
126. Yannick: Hmmh, gut. Ich mag sie gerne.

127. Versuchsleiter: Ja? Was ist denn ein Unterschied zwischen Laugenbrötchen und anderen, normalen Brötchen?
128. Yannick: Die sind viel mehr im Ofen gewesen und sind braun geworden und haben Salzkörner drauf.
129. Versuchsleiter: Genau, die schmecken so salzig. Aber lecker. Okay, Yannick. Vielen Dank!

Anhang B – Interviewtranskripte

Protokoll der Untersuchungssituation ,Interview’ mit Charlott

1. Versuchsleiter: Wie war es denn bei Dir in der Schule heute?
2. Charlott: Gut.
3. Versuchsleiter: Was hast Du denn gemacht?
4. Charlott: Mathe und Schreiben.
5. Versuchsleiter: Ist denn auch wieder so etwas schlimmes passiert wie gestern, mit der-
6. Charlott: Denise?
7. Versuchsleiter: Ja, genau.
8. Charlott: Nee. Nur der Manuel, der muss jetzt erst mal diese ganze Woche drinne bleiben. Die nächste Woche drinne bleiben. Also bis zu den Osterferien.
9. Versuchsleiter: Aber Dich hat keiner geärgert?
10. Charlott: Nö.
11. Versuchsleiter: Und Du: Hast Dich auch nicht geärgert über andere?
12. Charlott: Nö-. Doch: Ich habe mich schon geärgert, da darüber, was die mit Denise machen. Nur wegen solchen Schuhen. Weil die solche schwarzen, roten Leder – Schlangenschuhe hat.
13. Versuchsleiter: Na gut. Charlott. Das, was wir jetzt machen, habe ich mit den anderen Kindern, die an dem Projekt teilgenommen haben, auch gemacht. Ich habe den folgende Aufgabe gegeben: Diese Sachen, die ich hier mitgebracht habe, haben alle etwas mit dem Projekt zu tun, was wir gemacht haben.
14. Charlott: Ja, den Rotkohlsaft erkenne ich und die Zitrone.
15. Versuchsleiter: Prima. Und ich möchte jetzt gerne von Dir erzählt bekommen, was Dir zu den Sachen, die ich hier auf den Tisch gestellt habe, einfällt.
16. Charlott: Mit dem Rotkohlsaft, da haben wir viele Sachen gemixt. Also, zum Beispiel, wir haben Zitrone und Rotkohlsaft gemischt und da kamen immer verschiedene Farben heraus. Und wir haben auch mit Säure und Lauge was gemacht. Und wir haben mit Essig gemacht, also mit dem Rotkohlsaft haben wir immer was gemischt. Was soll das hier sein?
17. Versuchsleiter: Da steht Zitronensäure drauf.
18. Charlott: Ach so, das ist dann auch Zitronensäure.
19. Versuchsleiter: Fällt Dir sonst noch etwas ein, zu den Sachen?
20. Charlott: Wir haben das immer sortiert nach Säure und Lauge. Das ist zum Beispiel, die Zitrone ist Säure. Rotkohlsaft ist Säure. Alles, was bitter und süß ist, das ist Säure. Und alles, was Lauge ist, das ist noch mal, was ist das noch mal: Alles was trocken ist und pur.
21. Charlott: Mehr weiß ich jetzt gar nicht mehr richtig.

22. Versuchsleiter: Ja, das ist doch schon mal ganz schön viel, was Du noch gewusst hast. Also, ich habe mir ganz schön viele Sachen aufgeschrieben. Und jetzt würde ich gerne noch mal ein bisschen nachfragen, zu dem, was Du gesagt hast.
23. Charlott: Mmh.
24. Versuchsleiter: Fangen wir mal mit dem an, was Du zuerst erzählt hast: Du hast von dem Rotkohlsaft gesprochen, das wir den zu anderen Stoffen dazugegeben haben.
25. Charlott: Mmh.
26. Versuchsleiter: Irgendwas mit Farben, das da verschiedene Farben –
27. Charlott: Ja. Da, sind verschiedene Farben rausgekommen.
28. Versuchsleiter: Erzähl das doch bitte noch ein wenig genauer.
29. Charlott: Wenn wir den Rotkohlsaft dazugegeben haben. Aber wir haben erst auch den abgekocht. Also, vielleicht, das ginge jetzt nicht, wenn das noch nicht abgekocht wäre.
30. Versuchsleiter: Das hatte Simone gemacht.
31. Charlott: Mmh.
32. Versuchsleiter: Okay.
33. Charlott: Also, ich glaube bei der Grapefruit haben wir zusammengemischt mit dem Rotkohlsaft kam da so pink, hell-pink raus.
34. Versuchsleiter: Dann hast Du eben noch gesagt, das wir dann nach Säure und Lauge irgend was sortiert hätten.
35. Charlott: Mmh. Wir haben, wir haben solche kleinen Zettelchen genommen, die waren dafür gedacht und reingetunkt, und wenn es gelb war, war es glaube ich Säure, und wenn es blau oder grün wurde, war es, glaube ich, Lauge. Und das nehmen echte Chemiker. Und dann haben wir auch mal geguckt, ob das funktioniert.
36. Versuchsleiter: Ist denn Rotkohlsaft auch eine Säure? Ich hatte vorhin so etwas ähnliches aufgeschrieben.
37. Charlott: Ja. Aber warte noch mal: Ja, das ist so süßlich. Das ist süßlich.
38. Versuchsleiter: Weißt Du noch was das ist, Charlott?
39. Charlott: Attapulver.
40. Versuchsleiter: Genau.
41. Charlott: Hah. Da weiß ich leider nichts mehr zu, zu dem Attapulver. Doch, wir haben das auch gemischt. Aber ich weiß leider -. Da kam vielleicht gelb raus.
42. Versuchsleiter: Das ist jetzt gar nicht wichtig, wenn Du nicht weißt, welche Farbe da rauskam. Was ich gerne mal wissen würde: Die Sachen, die hier auf dem Tisch stehen: Könntest Du da jetzt sagen, welches davon mit einer Säure oder Lauge zu hat?
43. Charlott: Mmh.
44. Versuchsleiter: Prima. Sag es mir mal.
45. Charlott: Also Rotkohlsaft ist Säure. Zitrone ist Säure. Und das steht da schon. Das ist auch Salz ist säure. Ist ja bitter. Essig ist auch eine Säure. Ist nämlich so bitter. Clinair. Was ist das denn?
46. Versuchsleiter: Das ist auch ein Reiniger.
47. Charlott: Der hat auch bitter gerochen.

48. Versuchsleiter: Was ist denn für Dich eine Säure, Charlott.
49. Charlott: Also, für mich ist Säure, was so bitter und süß schmeckt.
50. Versuchsleiter: Vermutlich auch, was so riecht. Denn den Kloreiniger wirst Du ja noch nicht geschmeckt haben.
51. Charlott: Nö. Das habe ich leider noch nicht geschmeckt.
52. Versuchsleiter: Kennst Du denn dann noch andere Säuren, wenn Du sagst, das die so bitter
53. Charlott: Grapefruitsaft. Weintraube? Süß. Apfelsine: sauer. Hmmh. Banane: Süß. So süßlich. Apfel ist süß.
54. Versuchsleiter: Also, für Dich ist wichtig, wie die Sachen schmecken.
55. Charlott: Ja.
56. Versuchsleiter: Eine Sache wollte ich noch. Die Farben, von denen Du vorhin gesprochen hast: Wo sind die denn hergekommen oder wann haben sich denn Farben verändert?
57. Charlott: Also: Bei unserem Projekt war die Hauptperson einfach Rotkohlsaft, weil wir damit viele Sachen mischen konnten. Und dadurch, mit dem Rotkohlsaft, konnten wir auch vieles mischen, und die Farben kamen dann von den Rotkohlsaft her und von den, von der Säure, also von den süßen oder bitteren Getränk oder Geschmack.
58. Versuchsleiter: Okay. Ich habe mir sonst nichts mehr notiert. Deswegen habe ich dazu auch keine Fragen mehr. Jetzt wollte ich Dir zum Abschluß noch ein paar Fragen stellen, die habe ich den anderen Kindern auch alle gefragt. Wenn Du Dich noch an unser Projekt erinnerst, was hat Dir denn da so am besten gefallen? Kannst Du das noch sagen?
59. Charlott: Also, die Hauptsache war irgendwie für mich, der Rotkohlsaft, das fand ich sehr schön, das wir mit den Lebensmitteln, mir den Rotkohlsaft mischen konnten. Also andere Sachen, und wir haben auch beigebracht gekriegt, was Säure und Lauge ist. Und jetzt weiß man auch manchmal, wenn man was ist, wenn das bitter oder süß ist, dann weiß man: Ah ha, ich esse gerade ne Zitrone, das ist eine Säure.
60. Versuchsleiter: Schön. Und ich habe Dich das glaube ich schon mal gefragt. Wenn Du das ganze Projekt, das wir gemacht haben, mit unserem gemeinsamen Frühstück morgens, mit den Pausen und so weiter: Ist das für Dich so was ähnliches, wie wenn Du in die Schule gehst.
61. Charlott: Ja.
62. Versuchsleiter: Oder würdest sagen, das ist was ganz anderes.
63. Charlott: Also. Das ist wie die Schule. Nur nicht so streng. Ohne Strafarbeiten und so.
64. Versuchsleiter: Und Hausaufgaben.
65. Charlott: Na, das würde ich nicht sagen. Ohne Hausaufgaben. Man könnte schon sagen, dass man, hmmh, vielleicht zu Hause darüber noch mal nachdenken könnte: Was haben wir heute gemacht? Wie wurde das geordnet? Was ist Säure noch und was ist Lauge? Das man da einfach zu Hause noch mal nachdenkt.
66. Versuchsleiter: Und glaubst Du denn, dass Du jetzt in dem Projekt etwas gelernt hast?
67. Charlott: Ja, ich habe vieles gelernt. Weil in der Schule lernt man ja nicht so was, zum Beispiel. Wir lernen da ja nur Rechnen, Lesen und Schreiben. Hier haben wir gelernt, wie man

etwas mischt. Mit Rotkohlsaft oder Zitrone. Und haben gelernt, was Säure und Lauge ist. Und so was lernt man nicht in der Schule.

68. Versuchsleiter: Jetzt noch nicht, aber vielleicht später.
69. Charlott: Aber dann kann man es ja, weiß man es schon vorher, das ist ja auch wichtig, weil man muss einfach mal wissen, was Säure und was Lauge ist.
70. Versuchsleiter: Hilft Dir das denn so, wenn Du das jetzt weißt, was Säure und Lauge ist?
71. Charlott: Ja, das hilft mir schon. Weil, wenn ich mal sage, wenn meine Freundin aus einem anderen Land kommt, und mir irgendeine Frucht gibt, und die sagt, die ist ganz sauer, und dann weiß ich sofort: Ah ha, das ist Säure, dann kann ich ja auch meiner Freundin sagen: Ja, das ist Säure. Ich esse jetzt Säure.
72. Versuchsleiter: Wenn Du mit Deinen Freundinnen spielst, hast Du denen auch mal davon erzählt, was wir hier so gemacht haben oder haben die mal was davon erzählt, das die so was in der Schule machen, mit Versuchen uns Ausprobieren.
73. Charlott: Nee. Aber meine Freundin Olga, die wollte auch gerne mal hier mit teilnehmen, weil ich Ihr schon ein bisschen davon erzählt habe. Und die macht auch schon so was. Und da war sie auch interessiert und da habe ich gesagt, dann kannst Du ja auch mal mitmachen, vielleicht.
74. Versuchsleiter: Na ja, leider ist das Projekt ja auch diesmal schon wieder voll. Okay. Alles klar. Dann machen wir jetzt an dieser Stelle Schluss.

Protokoll der Untersuchungssituation „Interview“ mit Christopher

1. Versuchsleiter: Wie fühlst Du Dich denn heute Christopher, alles in Ordnung?
2. Christopher: Ja.
3. Versuchsleiter: Gesund und munter?
4. Christopher: Na ja. Gut. Ja.
5. Versuchsleiter: Okay. Christopher. Wir wollen heute noch einmal über unser Projekt reden.
6. Christopher: Ja.
7. Versuchsleiter: Als Erinnerungshilfe habe ich Dir hier ein paar Sachen mitgebracht. Und ich wollte Dich fragen, was Du mir zu den Stoffen und Gegenständen erzählen kannst. Was fällt Dir dazu noch ein?
8. Christopher: Hmmh, ja.
9. Versuchsleiter: Fang einfach an und erzähl etwas dazu.
10. Christopher: Hmmh, ja. Rotkohlsaft. Da haben wir ziemlich viel mit gemacht: Also, den brauchten wir ganz oft. Dann dieses Indikatorpapier. Damit haben wir, hmmh, Farben, ja sozusagen gemessen. Und haben geguckt, ob Säure drinne ist oder nicht. Hmmh. Ja. Dieses eine, also das Becherglas. Damit haben Sachen abgefüllt oder da war Rotkohlsaft drin. Seife, die gehörte-. Die hatten wir hier vorne stehen. Dann, dieses hier: Zitronensäure. Da hatten wir ja auch andere von. Da haben wir auch mit rum experimentiert.
11. Versuchsleiter: Hmmh.
12. Christopher: Eh, ja. Hmmh. Atta. Und da Klo-, für' s Klo da haben wir auch. Das haben wir auch gebraucht, um zu experimentieren. Sonst fällt mir nichts mehr ein.
13. Versuchsleiter: Na ja, das ist ja schon mal ziemlich viel, was Du gesagt hast.
14. Versuchsleiter: Sehr schön. Okay. Und jetzt hast Du eben etwas zu dem Rotkohlsaft gesagt.
15. Christopher: Ja, den haben wir auch gebraucht. Wir hatten ja dann diese Sachen, hier vorne ganz viele Sachen stehen. Die haben wir dann in zwei Gruppen eingeteilt, bei manchen waren wir uns nicht ganz einig. Und dann haben wir hinterher jeder, hmmh, etwas davon bekommen. Und dann haben wir diesen Rotkohlsaft da drauf getropfelt. Und dann haben wir geguckt, was passiert. Ob sich was verändert, oder ob es so bleibt.
16. Versuchsleiter: Was denn verändert?!
17. Christopher: Ja, die Farbe. Oder ob gar nichts passiert. Ob das weg geht, also ob sich das auflöst oder anders färbt.
18. Versuchsleiter: Und weißt Du vielleicht noch, was bei dem Essig passiert ist?
19. Christopher: Ja, ich glaube, da ist irgend eine andere Farbe rausgekommen. Ich weiß es auch nicht mehr ganz genau. Hmmh. Ich meine aber, dass da so ein, dunkles Rot bei weggekommen ist.
20. Versuchsleiter: Du hast gleich zum Anfang gesagt, dass wir die Stoffe auf unserem Tisch geordnet haben.
21. Christopher: Ja.

22. Versuchsleiter: Und – dann haben wir mit dem Rotkohlsaft gearbeitet. Haben wir denn dann mit den Stoffen auch noch irgend etwas gemacht, danach? Nach dem wir Rotkohlsaft hinzugegeben haben?
23. Christopher: Äh. Nachdem wir den Rotkohlsaft hinzugegeben haben, glaube nicht. Wir haben vorher-, haben dann noch einmal danach noch einmal was gemacht. Mit dem Indikatorpapier.
24. Versuchsleiter: Meinst Du das hier?
25. Christopher: Ja.
26. Versuchsleiter: Kannst Du das ein bisschen genauer sagen, was wir damit gemacht haben?
27. Christopher: Ja, dann haben wir auch wieder die Flüssigkeit oder ein Pulver gekriegt, und, hmmh, haben dann so ein Stück von diesem Indikatorpapier da rein gehalten und, hmmh, dann hat sich das dementsprechend gefärbt. Und dann konnten wir daran sehen, ob es eine Säure war oder eine Lauge. Dann haben wir das hinterher noch an die Tafel geklebt.
28. Versuchsleiter: Säure und Lauge. Was sind denn das für Worte? Haben die denn etwas mit den Stoffen zu tun, die bei uns auf dem Tisch stehen?
29. Christopher: Ja, also. Wir hatten das ja eingeteilt. Die ganzen Sachen. In eine Gruppe, die, wo Säure drin war, und in der anderen war ne Lauge. Aber bei manchen, die hatten wir in die Mitte gestellt, da waren wir uns nicht ganz einig. Weil, hmmh, da hatten wir mit dem Rotkohlsaft ja dann geguckt, wie sich das verfärbt. Und dann hatten wir das geordnet, halt danach rot und das andere war eher so grün.
30. Versuchsleiter: Haben denn der Rotkohlsaft und dieses Papier etwas gemeinsam?
31. Christopher: Eh, ja. Damit kann man dann halt feststellen, ob es eine Säure ist oder eine Lauge ist.
32. Versuchsleiter: Okay. Ich hatte auch noch, dass hast Du jetzt noch nicht gesagt, auch ein paar Weintrauben seinerzeit mitgebracht.
33. Christopher: Ja.
34. Versuchsleiter: Kannst Du Dich daran noch erinnern, was wir mit den Weintrauben gemacht haben?
35. Christopher: Also, hmmh. Ja, wir haben die, hmmh, ausgedrückt. Also, das wir diesen Saft da raus hatten. Und, dann mit den Rotkohlsaft. Das dann auch, wie wir das mit allen anderen gemacht haben. Weil es so ja nicht ging. Also, man braucht den Saft, oder man müsste es aufschneiden.
36. Versuchsleiter: Hmmh. Und ist dann irgendwas passiert mit dem Rotkohlsaft und dem Traubensaft als wir das zusammengegeben haben?
37. Christopher: Ja, also, das hat sich, hmmh, vermischt und hat sich auch so verfärbt. Das hat dann so eine, eh, ja, rote Farbe gegeben.
38. Versuchsleiter: Ich habe vorhin eine Sache nicht so richtig verstanden: Du hast gesagt, wir haben Rotkohlsaft und das Papier zu den Sachen gegeben bzw. da reingehalten, zu den einzelnen Stoffen, und dann hat sich manchmal die Farbe verändert. Und dann hatten wir irgendwelche Stoffe neu geordnet. Und wie kam diese neue Ordnung zustande?
39. Christopher: Ja also, hmmh, vorher hatten wir ja, hatten wir ja das einfach nur hingestellt. Und haben gesagt: Okay. Das ist Putzmittel. Das sind Lebensmittel und dann haben wir das so

- geordnet. Aber als wir das hinterher mit dem Rotkohlsaft gemacht haben, haben sich manche Sachen dann auch getrennt. Weil's halt eine andere Farbe war.
40. Versuchsleiter: Hmmh. Jetzt hast Du vorhin auch schon mal was von Säuren und Laugen erzählt. Kennst Du denn Eigenschaften von Säuren und von Laugen?
41. Christopher: Ja. Also bei der Säure ist es so. Die kann manchmal gefährlich sein. Es gibt ja auch dann, eh, Chemikalien und da ist dann manchmal auch, eh, Säure drin, wie bei Putzmittel. Das dann, eh, irgendwas gelöst werden kann. Also damit man was sauber machen kann. Und bei Laugen war es so, die können, glaube ich, nicht giftig sein. Aber ich weiß es auch nicht mehr ganz genau. Und, hmmh, bei der Säure ist es so, dass es dann manchmal auch irgendwie was weg frisst.
42. Versuchsleiter: Und: Haben die einen Geschmack, sind die flüssig oder fest, oder-
43. Christopher: Ja, also, eh. Säure, da sagt man ja eigentlich, ist sauer. Und, hmmh, dann haben wir aber gesagt, die Weintrauben hatten wir ja auch zu der Gruppe, zu den, wo wir Säure zu gesagt hatten, geordnet. Aber dann haben wir ja gesagt, als wir sie gegessen haben, dass sie gar nicht sauer schmecken. Und, hmmh, dann haben wir da darüber gesprochen, dass es dann auch, hmmh, manchmal auch nicht sauer sein kann.
44. Versuchsleiter: Eine Säure meinst Du?
45. Christopher: Ja. Und bei Lauge konnten wir nichts essen, weil wir nichts dazu hatten. Und dann konnten wir auch nicht sagen, „Ja“, das ist so salzig oder so.
46. Versuchsleiter: Das mit der Weintraube, was Du gerade erzählt hast: Das habe ich nicht so richtig verstanden. Kannst noch mal versuchen, mir das zu erklären?
47. Christopher: Ja, also, hmmh. Wir hatten die Weintraube ja zu der Säuregruppe geordnet. Und, hmmh, dann haben wir sie ja hinterher gegessen und, hmmh, dann haben-. Wir hatten ja gesagt, dass Säuren sauer sind. Hmmh, oder sauer schmecken. Und als wir die dann gegessen haben, da haben wir ja festgestellt, dass die Weintrauben gar nicht sauer waren.
48. Versuchsleiter: Also, ist in Weintrauben auch keine Säure drin?!
49. Christopher: Ja, das kann man nicht sagen. Das müsste man dann noch genauer untersuchen.
50. Versuchsleiter: Hmmh. Wie denn zum Beispiel. Wie könnte man das denn untersuchen, Christopher?
51. Christopher: Also, mit Rotkohlsaft haben wir es ja schon ausprobiert, dann müsste man das vielleicht unterm Mikroskop machen, oder so.
52. Versuchsleiter: Und was müsste deiner Ansicht nach passieren, um festzustellen, ob eine Säure vorhanden ist?
53. Christopher: Ja, also wenn man unter dem Mikroskop untersuchen würde, dann sieht man ja auch Farben. Und wenn es dann halt so ne rote Farbe hätte unter Mikroskop, hmmh, dann wäre es für mich eine Säure. Weil das andere auch alles so rot war. Wenn's ne andere Farbe ist, ich weiß ja nicht, was es noch für andere Gruppen gibt. Dann wäre es entweder eine Lauge oder was anderes.
54. Versuchsleiter: Okay. Ich habe hier eine Zitrone mitgebracht. Hat denn diese Zitrone und Zitronensäure, von der Du eben gesprochen hast, haben die irgendwas gemeinsam oder gehören die zusammen?

55. Christopher: Ja, also, eh, die Flüssigkeit die in der Zitrone ist, die schmeckt ja sauer. Und, hmmh, die Zitronensäure schmeckt dann, auch, die schmeckt ja auch sauer.
56. Versuchsleiter: Also, ist Zitrone und Zitronensäure dasselbe?
57. Christopher: Ja, würde ich sagen.
58. Versuchsleiter: Und beim Essig, was würdest Du da sagen?
59. Christopher: Ja, der schmeckt ja auch so sauer, etwas. Und, hmmh, das war ja auch ne Säure, hatten wir ja auch gesagt, und, hmmh, ja, würde ich auch sagen, dass er halt ne Säure enthält.
60. Versuchsleiter: Okay. Eine Frage noch?
61. Christopher: Ja, klar.
62. Versuchsleiter: Wenn Du Dir diese Sachen anschaust, die hier auf dem Tisch stehen. Welche Stoffe gehören Deiner Ansicht nach zusammen?
63. Christopher: Also, wenn es um Säure geht, würde ich, hmmh, hier die Seife und das Attapulver und Clinair zusammen tun.
64. Versuchsleiter: Gibt es denn einen Unterschied zwischen Säure und Zitronensäure? – Ist das das gleiche oder was unterschiedliches?
65. Christopher: Eh, also, Säure und Zitronensäure, hmmh, in Zitronensäure steckt ja auch das Wort Säure. Und so steht, eh, das Wort Säure ja eigentlich ganz allein. Hmmh, Säure ist halt, eh, der Oberbegriff, sozusagen. Also das, unter dem Begriff versteht man dann halt alle anderen Säuren. Wie Zitronensäure, Salzsäure und die es dann halt noch alle gibt.
66. Versuchsleiter: Und wie kommt man zu diesem Oberbegriff? Nur, weil die alle das Wort Säure enthalten oder?
67. Christopher: Ja, weil sie auch die Eigenschaften davon haben.
68. Versuchsleiter: Welche meinst Du?
69. Christopher: Ja, also, hmmh, dass sie. Also meistens sind sie flüssig. Und, hmmh, dann-. Sie können halt gefährlich sein und auch nicht. Und – die meisten werden sauer schmecken. Aber bei manchen weiß man es halt nicht. Weil man's, weil man die dann halt nicht probieren darf.
70. Versuchsleiter: Okay, gut. Christopher, noch ein paar Fragen zum Abschluß, die jetzt aber nichts mehr mit den Sachen zu tun haben! Die Experimente, die wir gemacht haben, haben die Dir gefallen?
71. Christopher: Ja.
72. Versuchsleiter: Was war denn Dein liebstes Experiment. Kannst Du Dich daran noch erinnern?
73. Christopher: Es hat mir alles ganz gut gefallen.
74. Versuchsleiter: Und wenn wir die Versuche besprochen haben. Wie fandest Du das?
75. Christopher: Na ja, manchmal, eh, war es auch etwas schwer, weil, eh, man dann richtig überlegen musste. Und, eh, Zusammenhänge suchen musste. Aber ich fand es ganz gut, das wir das auch gemacht haben, weil das gehört dann halt mit dazu.
76. Versuchsleiter: Hmmh. Glaubst Du denn, dass Du was gelernt hast in dem Projekt?
77. Christopher: Ja.
78. Versuchsleiter: Was hast Du denn gelernt?

79. Christopher: Ja, also, eh, vieles Neues, was ich vorher noch nicht kannte und wusste und das wird mir wahrscheinlich auch irgendwann weiterhelfen.
80. Versuchsleiter: Schön. Und: Möchtest Du denn noch mal wiederkommen, demnächst, wenn wir wieder so ein Projekt machen?
81. Christopher: Ja, sehr gerne. Muss ich nur wissen, wann das wäre. Weil, da könnte es Schwierigkeiten geben.
82. Versuchsleiter: Willst Du mit Deinen Eltern wegfahren?
83. Christopher: Nee, ja vielleicht vom Basketballverein wollen wir nach Warner Brothers Movie World und von der Schule haben wir eine Theater-AG und da sind vielleicht Proben. Aber das steht alles noch nicht fest.
84. Versuchsleiter: Na, da können wir ja noch mal drüber reden. Okay. Christopher. Vielen Dank für das Gespräch.

Protokoll der Untersuchungssituation „Interview“ mit Erik

1. Versuchsleiter: Okay. Los geht's. Wie fühlst Du Dich denn heute nach dem Wettkampf? Bist Du müde, oder geht es noch einigermaßen?
2. Erik: Ich habe noch Muskelkater.
3. Versuchsleiter: Bist Du erst die 50m gelaufen und dann die 1000m?
4. Erik: Ja und dann Weitsprung. Deswegen konnte ich nicht mehr so weit springen, weil ich schon ganz schlapp war nach den tausend.
5. Versuchsleiter: Und jetzt in den Osterferien fährst Du ins Leichtathletik-
6. Erik: Ins Trainingslager. Hmmh.
7. Versuchsleiter: Und wo geht es hin?
8. Erik: Nach Österreich irgendwo.
9. Versuchsleiter: Sind das Deine Spezialdisziplinen, der Sprung und das Laufen?
10. Erik: Ja und im Sommer dann, wenn es draußen ist, das waren ja jetzt alles Hallenwettkämpfe, und wenn es draußen ist, dann mach' ich auch noch Ballwerfen. So Wurf.
11. Versuchsleiter: Okay. Schau mal Erik. Ich habe Dir ein paar Sachen mitgebracht. Die haben etwas mit unserem Projekt zu tun. Und ich glaube auch, dass Du viele Sachen davon noch kennst. Ich möchte Dich jetzt bitten, dass Du zu den Sachen, die auf dem Tisch stehen, etwas erzählst. Du kannst anfangen, mit was Du willst.
12. Erik: Was wir damit gemacht haben, oder?
13. Versuchsleiter: Ja, was Dir zu den Sachen einfällt. Genau. Vielleicht auch, was wir damit gemacht haben.
14. Erik: Den Rotkohlsaft haben wir in so ein Glas gemacht. Und mit diesem Papier konnten wir, konnten wir das mit irgend einem Mittel, und dann wurde da eine Farbe raus, und dann konnten wir gucken, ob das hell oder dunkel wird.
15. Versuchsleiter: Sah das so aus?
16. Erik: Hmmh. Was ist denn das hier: Salzsäure, 2 Meter?
17. Versuchsleiter: Das hier? Ach so. Das ist eine Bezeichnung, die hat jemand auf dem Zettel drauf geschrieben. Also: Salzsäure steht da oben, das ist das wichtige.
18. Erik: Hmmh. Mit dieser Flasche da haben wir immer Wasser dazugegossen. Mmh. Und die anderen Spülmittel, oder, mit ach, Branntweinessig, und so, haben wir ja auch bei diesen, wo wir mit diesem Papier da rein benutzt. Und am Anfang, hatten wir erst alles Zitronen, mit Zitronensäure haben wir erst alles sortiert.
19. Versuchsleiter: Fällt Dir sonst noch etwas ein?
20. Erik: Mehr fällt mir jetzt nicht ein.
21. Versuchsleiter: Das ist doch ganz schön viel, was Du gesagt hast. Erik. Kann ich dich denn noch etwas zu dem fragen, was Du gerade erzählt hast?
22. Erik: Ja.

23. Versuchsleiter: Also, Du hast vorhin gesagt, so mit als erstes, das wir mit dem Rotkohlsaft in der Flasche, das wir damit etwas gemacht haben. Kannst Du das vielleicht noch ein bisschen genauer erzählen?
24. Erik: Hmmh.
25. Versuchsleiter: Oder weißt Du dazu nichts mehr sagen?
26. Erik: Weiß ich nicht mehr genau.
27. Versuchsleiter: Und zu diesem gelben Papier hattest Du auch etwas gesagt. Damit haben wir auch etwas gemacht. Was war denn das?
28. Erik: Wir haben dieses Papier auch da reingemacht, aber-
29. Versuchsleiter: Worein?
30. Erik: In den Rotkohlsaft, aber ich weiß nicht mehr, was dann passiert ist.
31. Versuchsleiter: Haben wir denn den Rotkohlsaft, hmmh, zu irgendeinem der Stoffe gegeben, die auf dem Tisch stehen?
32. Erik: Ah, wir haben immer jedes mit ein bisschen Rotkohlsaft gemischt.
33. Versuchsleiter: Die Sachen die hier stehen? Stimmt. Und wie war das dann so. Weißt Du noch, was dann passiert ist?
34. Erik: Dann sind nur auf diesem Papier verschiedene Farben gekommen. Und die haben wir dann auf die Tafel geklebt.
35. Versuchsleiter: Haben wir denn das nur so gemacht, oder haben wir dazu noch etwas erzählt oder erklärt. Weißt Du das noch?
36. Erik: Weiß ich auch nicht mehr.
37. Versuchsleiter: Weißt Du nicht mehr. Ist überhaupt nicht schlimm. Jetzt hast vorhin auch gesagt, dass wir mit dem Papier etwas gemacht haben, da sind verschiedene Farben gekommen oder so, wenn wir das in die einzelne Stoffen gegeben haben. Habe ich das richtig verstanden?
38. Erik: Weiß ich auch nicht mehr.
39. Versuchsleiter: Okay. Alles klar. Hast Du schon mal was von dem Wort ‚Lauge‘ gehört?
40. Erik: Ja.
41. Versuchsleiter: Was denn?
42. Erik: Hmmh.
43. Versuchsleiter: Oder kennst Du das Wort Säure?
44. Erik: Nee, doch: Säure ist flüssig und Lauge, pulvrig oder ?
45. Versuchsleiter: Hmmh. Verstehst Du meine Fragen, Erik, oder sind die zu schwer?
46. Erik: Eh, eh.
47. Versuchsleiter: Aber Dir fällt nichts mehr so richtig ein?
48. Erik: Eh, eh.
49. Versuchsleiter: Na gut, dann machen wir hier jetzt Schluss.

Protokoll der Untersuchungssituation „Interview“ mit Jan

1. Versuchsleiter: Wie war's denn heute bei Dir in der Schule?
2. Jan: Gut.
3. Versuchsleiter: Was hast Du denn alles für Unterricht gehabt?
4. Jan: Drei Stunden Vertretung.
5. Versuchsleiter: Ist Euer Lehrer krank?
6. Jan: Nur eine Frau. Bei der haben wir halt drei Stunden. hmmh. Dann hatte ich noch Musik, Bio und Sport.
7. Versuchsleiter: Okay, Jan. Wie Du unschwer erkennen kannst, habe ich hier ein paar Sachen hingestellt.
8. Jan: Mmh.
9. Versuchsleiter: Die etwas mit unserem Projekt zu tun haben.
10. Jan: Ja.
11. Versuchsleiter: Ich würde Dich bitten, dass Du Dir die Sachen anschaust und einfach mal erzählst, was Dir zu den Gegenständen und Stoffen einfällt.
12. Jan: Ja, okay. Also Rotkohlsaft, haben wir hier, und damit konnte man testen, ob das ne Säure oder Lauge ist. Und, hmmh, das haben wir zum Beispiel mit Clinair, also Kloreiniger ist das, Weinbrandessig, dann war da Zitronensäure, ne Zitrone, Atta gemacht. Hmmh-. Dann war da noch, hmmh, ja halt mehrere Sachen, mit denen wir das auch noch getestet haben, Seife zum Beispiel, und, hmmh, ja. Mehr fällt mir jetzt nicht ein.
13. Versuchsleiter: Ja. Das ist doch schon mal relativ viel. Du hast eben gesagt, als erstes gleich, mit dem Rotkohlsaft, da haben wir etwas getestet. Kannst Du das noch ein bisschen genauer erzählen, das habe ich jetzt nicht so ganz verstanden.
14. Jan: Ja, also. Wir haben, hmmh, ein Gefäß genommen, also so ein kleines Glas, und dann haben wir da zum Beispiel Kloreiniger rein getan. Und dann haben wir da, hmmh, 10 Tropfen von Rotkohlsaft, oder auch 15 Tropfen rein getan, und dann hat sich das gefärbt. Entweder rot, oder blau. Und wenn's rötlich gefärbt wird, dann war's ne Säure. Und wenn nicht, dann war's ne Lauge. Also bläulich-grün. Und das haben wir halt auch noch mit Branntweinessig gemacht. Und Zitronensäure. Hmmh. Dann haben wir das noch, eh, mit Sauerkraut gemacht, Sauerkrautsaft, und mit Wasser, Pril, und noch mehreren Sachen. Und das ist mir gerade eingefallen, wir hatten da so kleine Streifen, damit haben auch, hmmh, getestet, hmmh. Nitrid oder so was, glaube ich, und das haben wir auch, hmmh, so, in kleine Körnchen und die haben wir dann, hmmh, mit Wasser gemischt. Und da haben wir das dann reingehalten. Und das hat sich dann auch gefärbt.
15. Versuchsleiter: Wie sind wir denn auf diese Begriffe, die Du jetzt schon ein paar mal genannt hast – Säure und Lauge – gekommen?
16. Jan: Hmmh, ja. Säuren sind meist ätzend. Hmmh, ja. Ja, weiß ich jetzt nicht, wie man dazu gekommen ist.
17. Versuchsleiter: Was hat denn zum Beispiel, ich nehme jetzt mal den Essig hier, da hast Du vorhin ja auch schon von gesprochen. Was hat der denn für Dich mit einer Säure zu tun?

18. Jan: Eh, ja.
19. Versuchsleiter: Ist Säure hier drin?
20. Jan: Ja, 5%. Steht da.
21. Versuchsleiter: Hmmh, ja. Da steht auch noch biologisch gewonnen. Stimmt. Also ist hier drin Säure.
22. Jan: Ja, also 5%.
23. Versuchsleiter: Na gut. Dann nehmen wir mal diesen Kloreiniger hier. Hat dieser auch etwas mit Säure zu tun?
24. Jan: Ja, hmmh. Die, hmmh. Also die Säure, wenn die ein bisschen ätzend ist, dass die den Dreck dann löst, und das man's dann abwischen kann, oder wegspülen kann. Ja, hmmh. Mehr wüsste ich jetzt nicht so.
25. Versuchsleiter: Wie könnte ich denn herausfinden, ob hier eine Säure oder Lauge vorhanden ist?
26. Jan: Mit dem Rotkohlsaft. Also, wir nehmen Essig oder Kloreiniger, kleines Gefäßchen und Rotkohlsaft tropfen wir da rein.
27. Versuchsleiter: Und dann hatten wir ja auch Sauerkraut und Weintrauben genommen.
28. Jan: Ja. Und Pril.
29. Versuchsleiter: Was haben wir denn mit diesem Papier hier gemacht. Das habe ich vorhin auch nicht so richtig verstanden.
30. Jan: Ich glaub, damit testet man den Nitridwert. Das weiß ich aber nicht ganz genau. Das haben wir dann leicht mit Wasser verdünnt. Und dann haben wir da diese Stäbchen reingehalten. Und die haben sich dann auch verschieden gefärbt. Hmmh, Ich glaube, wenn es rot wird, dann ist sehr viel Nitrit drin oder so was. Und wenn es sich nicht färbt, ist nicht Nitrid drin oder weniger.
31. Versuchsleiter: Wenn ich Dich jetzt richtig verstanden habe, dann haben der Rotkohlsaft und dieses Papier-
32. Jan: Das ist das gleiche. So ziemlich.
33. Versuchsleiter: Gäbe es vielleicht einen Unterschied, wenn ich Rotkohlsaft zu diesem Reinigungsmittel gebe oder wenn ich das Papier da rein halte.
34. Jan: Ja, also, ich glaube nicht. Nur ist das halt mit dem Papier genauer, weil da steht ja auch drauf, dass sich das halt, hmmh, wenn's grün färbt, dann ist so viel Nitrit drin, oder wenn's rot färbt, ist so viel Nitrit drin. Und das denke ich mal, ist hiermit besser. Auch mit dem Rotkohlsaft. Da kann man ja fünf Tropfen rein tun und 10 Tropfen. Dann färbt es sich ja auch wieder anders. Würde ich mal eher sagen, dass der Streifen genauer ist.
35. Versuchsleiter: Na gut. Sag mal Jan, die Stoffe, die wir da auf unserem Tisch stehen hatten, hinter Dir standen die ja, hmmh, das waren ja ganz unterschiedliche Stoffe. Da war Obst, Reiniger.
36. Jan: Sachen, die man essen kann, Sachen, die man nicht essen darf.
37. Versuchsleiter: Trinken kann-.
38. Jan: Was haben wir denn mit Hilfe des Rotkohlsafes und des Papiers bei den Stoffen feststellen können? Weißt Du noch, was wir da gemacht haben?
39. Versuchsleiter: Ja, also. Da haben wir den Rotkohlsaft genommen und da reingetropft. Das habe ich ja eben schon erzählt. Und, hmmh, und dann konnte man feststellen, ob das ne Säure, ne

Lauge war oder Nitritwert, glaube ich. Hmmh, ja, und es war halt die, hmmh, manche Sachen, die auch brennen, also wenn man sich geschnitten hat und dann Weintraubensaft oder so draufkommt, dann brennt das ja auch und ich denk mal, dann ist da ne Säure drinne. Und, hmmh, dass waren zum Beispiel Weintrauben oder so und, hmmh, auch Reiniger, ab und zu mal. Aber das waren auch öfters, hmmh, waren auch mal Laugen, zum Beispiel Pril.

41. Versuchsleiter: Kann ich denn auch noch anders herausfinden - außer mit Rotkohlsaft oder diesem Papier hier- ob da Säure oder Lauge enthalten ist?
42. Jan: Hmmh, ich weiß nur Nitrid. Ich weiß aber jetzt nicht, ob das ne Säure ist, das weiß ich nicht genau. Weil für's Aquarium hab ich noch andere Tropfen. Und da kann man Nitrid mit messen. Und das weiß ich halt nicht, ob man das noch anders machen könnte. Ich weiß nur Nitrid, mehr nicht.
43. Versuchsleiter: Okay, gut. Bezeichnen denn die Begriffe Säure und Zitronensäure das gleiche?
44. Jan: Nee. Es gibt ja auch. Also Zitronensäure, die kommt halt von der Zitrone, denk ich mal, und dann gibt es ja auch noch andere Säure. Weintrauben, da war ja auch ne Säure und da ist keine Zitronensäure drin. Es gibt ja auch Salzsäure oder so was. Also, eine Säure ist nicht sofort Zitronensäure, das ist nicht das gleiche.
45. Versuchsleiter: Was ist denn für Dich eine Säure?
46. Jan: Wie jetzt?
47. Versuchsleiter: Was stellst Du Dir unter einer Säure vor?
48. Jan: Ätzend.
49. Versuchsleiter: Ist es nicht das gleiche wie Zitronensäure?
50. Jan: Nee.
51. Versuchsleiter: Weil es ja auch noch andere Säuren gibt?
52. Jan: Ja.
53. Versuchsleiter: Und was ist eine Lauge für Dich?
54. Jan: Das ist gut. Nee, das weiß ich jetzt nicht.
55. Versuchsleiter: Kennst Du denn auch die Namen einiger Säuren?
56. Jan: Eh, Salzsäure, Weinsäure, weiß ich aber nicht, dann gibt's ja Zitronensäure, eh-. Nee, sonst weiß ich nichts mehr.
57. Versuchsleiter: Das ist doch schon mal super. Kennst Du denn auch noch eine Lauge?
58. Jan: Nee. Habe ich noch nie gehört.
59. Jan: Ich kenn nur Laugenbrötchen oder Laugenbrezel, mehr nicht. Noch nie von irgend einer Lauge gehört.
60. Versuchsleiter: Na gut, okay. Ein paar Fragen noch zum Abschluß, und dann war es das schon wieder.
61. Jan: Ja.
62. Versuchsleiter: Wenn Du dich so an unser Projekt erinnerst, denkst: Was hat Dir denn da am besten gefallen?
63. Jan: Das mit dem Rotkohlsaft. Das finde ich sehr gut.
64. Versuchsleiter: Was hat Dir daran so besonders gefallen?

65. Jan: Hmmh, das mit Rothkohlsaft, das merk ich manchmal selber. Wenn ich Rotkohl zu Hause esse, und dass kommt ein bisschen ans Ei, wenn ich da welches hab', Gebratenes, und dann färbt sich das auch. Und, eh, ich fand das auch total interessant, das sich das dann blau oder rot färbt, blau-rosa, und das wusste ich vorher halt nicht.
66. Versuchsleiter: Prima. Und wenn wir jetzt zum Beispiel über Säuren und Laugen gesprochen haben. Wie hat Dir denn das gefallen?
67. Jan: Hmmh. Nicht so gut. Weiß nicht.
68. Versuchsleiter: Wieso hat Dir das denn nicht so gut gefallen?
69. Jan: Weiß ich nicht. Ist halt so. War jetzt nicht schlimm, oder so. Aber ich habe halt eben lieber Versuche gemacht.
70. Versuchsleiter: Also, probierst Du lieber was aus anstatt darüber immer zu reden.
71. Jan: Na ja, also man sollte schon darüber reden, das finde ich auch gar nicht schlimm. Nur, hmmh, nicht so lange. Aber das haben wir auch nicht gemacht.
72. Versuchsleiter: Schön. Wenn Du schon so ganz genau weißt, was Dir so gut gefallen hat, glaubst Du denn dann auch, dass Du etwas gelernt hast in unserem Projekt?
73. Jan: Ja. Ich wusste nicht, dass sich eine Säure rot färbt, ne Lauge blau. Ja, was wusste ich noch nicht? Ich wusste eigentlich wenig davon, bis jetzt.
74. Versuchsleiter: Habt Ihr denn so etwas auch mal in der Schule, im Unterricht, gemacht.
75. Jan: In Physik einmal.
76. Versuchsleiter: Prima. Hast Du denn im Anschluß an unser Projekt auch noch einmal zu Hause Versuche durchgeführt?
77. Jan: Ja, also. Nur auf dem Teller. Aber das war ja nicht Absicht, irgendwie mit dem Ei. Ja, mehr eigentlich nicht.
78. Versuchsleiter: Gut. Okay. Dann waren dann alle Fragen. Vielen Dank.

Protokoll der Untersuchungssituation „Interview“ mit Lars

1. Versuchsleiter: So, jetzt geht es los. Lars, wie fühlst Du dich denn heute?
2. Lars: Ganz gut.
3. Versuchsleiter: Na das hört man gerne. Schau mal Lars. Ich freue mich, dass Du gekommen bist. Ich wollte heute noch einmal mit Dir über unser Projekt sprechen. Hast Du da Lust zu?
4. Lars: Hmmh, ja. Es geht so.
5. Versuchsleiter: Könnte besser sein?
6. Lars: Ja, ja.
7. Versuchsleiter: Pass auf, Lars. Ich habe hier ein paar Sachen mitgebracht und hingestellt. Und ich möchte Dich jetzt bitten, zu erzählen, was Dir zu diesen Gegenständen einfällt.
8. Lars: Kann ich mir irgendwas nehmen?
9. Versuchsleiter: Du kannst frei raus, einfach zu jedem der Sachen etwas sagen.
10. Lars: Ja. In dem Becherglas kann man, das ist hier so ein kleiner Liter, ja, dann kann man auch da drinne etwas abmessen, Wasser, wie viel man davon braucht und so. Da kann man auch Blumen mit gießen. Rotkohlsaft, da kann man auch mit kochen oder, und dann kann man auch Tests mit machen, hmmh, was untersuchen. Und der Rotkohlsaft ist eine Säure, glaube ich. Ja, das ist auch so ne Flasche und dann kann man da etwas raussaugen. Ja. Hier ist so Band. Da kann man Tests mit machen und dann sieht man, welche Farben da drinne sind. Mit Seife kann man sich die Hände waschen. Und mit Seife haben wir auch einen Test gemacht. Aber ich weiß jetzt nicht mehr, ob es eine Säure oder Lauge war. Ja. Zitronensäure kommt aus einer Zitrone. Und die reizt auch die Haut. Und Clinair oder wie das heißt, das ist zum Klo sauber machen. Ja. Und da haben wir auch einen Test mitgemacht. Das war, glaube ich, eine Lauge. Ja. Und das war nicht so gut für die Umwelt. Also, da sollte man wenig benutzen. So. Und dann ist da noch so was ähnliches wie ne Nadel, nur hohl, und dann kann man da auch noch mal Wasser mit saugen. Dann ist da noch Salzsäure. Salzsäure ist gefährlich für die Finger. Das zieht da rein, und dann lösen sich die Finger auf. Ja. Und das ist, glaube ich, nicht so gut für Umwelt. Ja. Essig, braucht man ja auch zum Anbraten. Das Essig, das schadet der Umwelt nicht, weil's auch von der, von der Erde benutzt wird dafür. Dann ist da noch so' ein Pulver, Atta. Es war, glaube ich, auch ne Lauge. Und mit der Lauge. Das ist dann. Das reizt dann nicht so wie eine Säure. Dann ist da noch Zitronensaft oder was das sein soll. Da, das. Ist das Saft oder Säure.
11. Versuchsleiter: Was da drin ist?
12. Lars: Ja.
13. Versuchsleiter: Also, hier steht drauf: Zitronensaft.
14. Lars: Ja, das ist Zitronensaft. Das ist aber trotzdem eine Säure. Sie kommt auch aus der Zitrone. Habe ich sonst noch was vergessen?
15. Versuchsleiter: Du sollst nur so viel erzählen, was Dir auch einfällt.

16. Lars: Wo fällt mir denn noch was zu ein? Ja. Und das Atta, das ist auch nicht so gut für Umwelt. Das schadet der auch. Mal' gucken. Sonst steht da ja nichts mehr. Sonst weiß ich auch erst mal nichts mehr.
17. Versuchsleiter: Hmmh. Ja, das ist ja ziemlich viel, was Du alles weißt. Darf ich Dich noch etwas fragen? Du hast eben gerade gesagt, daß wir mit diesem Rotkohlsaft irgendwelche Tests gemacht hätten.
18. Lars: Ja.
19. Versuchsleiter: Wie meinst Du denn das? Das habe ich nicht so richtig verstanden.
20. Lars: Ja, da haben wir Tests mitgemacht. Da haben wir auch so etwas untersucht.
21. Versuchsleiter: Was haben wir denn da noch mal untersucht?
22. Lars: Hmmh, das war, glaube ich-.
23. Versuchsleiter: Du hast mehrmals das Wort Lauge gesagt und auch das Wort Säure genannt.
24. Lars: Mmh.
25. Versuchsleiter: Was sind denn das für Worte? Wie kommst Du auf die Worte?
26. Lars: Ja, das ist. Säure, das ist, brennt eher in den Fingern aber Lauge nicht.
27. Versuchsleiter: Haben denn die Stoffe hier, zum Beispiel die Zitrone. Haben die irgendwas mit Säure oder mit Lauge zu tun?
28. Lars: Nee. Das ist Säure. Weil das reizt auch die Finger. Der Saft. Das brennt auch so auf die Finger.
29. Versuchsleiter: Und der Essig. Hat der etwas mit einer Lauge oder Säure zu tun?
30. Lars: Das ist auch eine Säure, glaube ich. Ja, und wie ich eben schon sagte. Die Säure brennt ja auf Fingern. Ja und das ist mit der Lauge nicht. Die brennt da nicht auf den Fingern. Die reizt nicht die Finger.
31. Versuchsleiter: Der Rotkohlsaft, da hattest Du vorhin gemeint, dass das auch eine Säure ist.
32. Lars: Ja, es kann aber auch. Ich weiß jetzt nicht ob es ne Säure oder ne Lauge ist.
33. Versuchsleiter: Sag mal, und diese Seife hier: Da hast Du ja richtig gesagt, das wir die zum Händewaschen brauchen.
34. Lars: Hmmh, ja. Das ist aber auch eine Lauge.
35. Versuchsleiter: Die Seife ist eine Lauge?
36. Lars: Ja.
37. Versuchsleiter: Ist denn noch irgend eine Lauge hier auf dem Tisch?
38. Lars: Ja. Glaube doch schon.
39. Versuchsleiter: Sag mal, welche Du meinst?
40. Lars: Hmmh, das Band ist auch eine Lauge.
41. Versuchsleiter: Das dort liegt?
42. Lars: Ja. Und dieses Pulver da hinten. Atta, oder wie das heißt. Ich glaube das ist auch eine Lauge.
43. Versuchsleiter: Wenn Du für die Seife, für das Band und für das Atta, wenn Du da sagst, dass das Laugen sind: Haben die denn irgendwas gemeinsam?

44. Lars: Weil, die Seife, die benutzt man ja auch für Hände. Das reizt ja nicht. Die Zitrone, die schmiert man sich ja nicht auf die Hände. Und das macht man mit der Seife ja schon. Und deshalb glaube ich doch schon, dass das eine Lauge ist.
45. Versuchsleiter: Okay. Ein Frage habe ich noch. Jetzt hast Du vorhin noch von dem Band hier gesprochen. Mit dem Band kann man auch irgendwas machen?
46. Lars: Ja. Da kann man zum Beispiel was Testen. Wasser, wenn das bestimmt sein muss, kann man das reinhalten, ja, und dann sagt man zum Beispiel, eh, gelb ist die passende Farbe und wenn es dann rot ist, ist es falsch. Wenn's gelb ist, ist es richtig dann.
47. Versuchsleiter: Gut Lars. Und jetzt noch ein paar Fragen zu unserem Projekt.
48. Lars: Ja, okay.
49. Versuchsleiter: Wenn Du Dich noch einmal an unser Projekt erinnerst, welches Experiment hat Dir denn da am besten gefallen?
50. Lars: Eigentlich hat mir alles gefallen.
51. Versuchsleiter: Und was hat Dir nicht so gut gefallen?
52. Lars: Gar nichts, eigentlich.
53. Versuchsleiter: Damit ich es beim nächsten Mal vielleicht besser machen kann.
54. Lars: Mir hat eigentlich alles gefallen.
55. Versuchsleiter: Schön. Das freut mich natürlich. Glaubst Du denn Lars, dass Du bei dem Projekt etwas gelernt hast?
56. Lars: Ja. Glaub' ich doch schon.
57. Versuchsleiter: Ja?
58. Lars: Ja, dass zum Beispiel Zitrone eine Säure ist. Und Lauge hab ich auch noch nie gehört. Ich hab außerdem noch gar nicht so was gehört, mit Lauge und Säure. Und ich wusste auch noch gar nicht, dass Zitrone eine Säure ist. Hatte ich mir eigentlich noch nie Gedanken drüber gemacht.
59. Versuchsleiter: Ist denn für Dich zwischen Säure und Salzsäure ein Unterschied?
60. Lars: Ja. Was für einer, weiß ich aber auch nicht. Ich glaube aber schon. Salzsäure ist, glaube ich, schlimmer.
61. Versuchsleiter: Okay. Hast Du denn nach unserem Projekt zu Hause auch noch mal einen Versuch gemacht. Oder in der Schule?
62. Lars: Nee.
63. Versuchsleiter: Aber Du hast noch einmal ein bisschen was ausprobiert?
64. Lars: Nein.
65. Versuchsleiter: Hättest Du den Lust, noch einmal zu uns zu kommen, wenn ein Projekt stattfindet?
66. Lars: Gerne.
67. Versuchsleiter: Prima. Da würde ich mich auch freuen, wenn Du das machen würdest. Gut Lars. Das war's schon wieder. Hast viel erzählt. Ich mach' mal den Kassettenrekorder aus.

Protokoll der Untersuchungssituation „Interview“ mit Marc

1. Versuchsleiter: Gut, Marc. Erzähl doch mal, wie es heute in der Schule gewesen ist.
2. Marc: Doof. War langweilig.
3. Versuchsleiter: Na ja. Schau mal, die Sachen, die ich hier mitgebracht habe, die haben alle etwas mit unserem Projekt zu tun. Erzähl doch mal, was Dir zu den Sachen einfällt, die hier stehen.
4. Marc: Keine Ahnung. Mir fällt gar nichts ein.
5. Versuchsleiter: Marc, versuch' s doch bitte mal.
6. Marc: Hmmh, hmmh. Säure und Lauge. Waschpulver und so. Das mit dem Traubensaft oder wie das heißt. Hmmh, hmmh, mit den Tempotaschentüchern. Das auch noch.
7. Versuchsleiter: Was haben wir denn mit den Sachen gemacht?
8. Marc: Hmmh, da haben wir mit der Pinzette das in so ein Glas reingemacht und dann haben wir mit Waschpulver und so geguckt, was das für Farben werden. Hmmh, hmmh.
9. Versuchsleiter: Was meinst Du mit ‚Waschpulver‘ und ‚Farben werden‘. Kannst Du mir das noch ein bisschen genauer sagen?
10. Marc: Das wir mit Waschpulver die Dinger, dann irgend so was reingetragen haben und dann haben wir mit den Pinzette so ein Traubensaft - was das auch ist - reingeschüttet, und dann wurde so was daraus. So Farben. Und das Waschpulver waren diese Sachen, wo die Farben raus wurden.
11. Versuchsleiter: Meinst Du mit den Traubensaft diesen Saft? Rotkohlsaft steht auf dem Gläschen. Haben wir den noch woanders zugemacht?
12. Marc: Ja. Bei diesem Streifen da auch. Hmmh, hmmh. Sonst fällt mir nix ein.
13. Versuchsleiter: Okay. Vielleicht noch ein paar Fragen. Was haben wir zum Beispiel mit dem Essig gemacht?
14. Marc: Weiß ich auch nicht mehr.
15. Versuchsleiter: Weißt Du denn noch, was passiert ist, als wir Rotkohlsaft zu Essig oder zu Zitronensaft gegeben haben?
16. Marc: Ja, da wurden bunte Farben, glaube ich, raus.
17. Versuchsleiter: Hmmh. Haben wir Rotkohlsaft auch zu dem Atta dazugegeben?
18. Marc: Ja. Da wurde auch ne Farbe raus.
19. Versuchsleiter: Sahen denn die Farben gleich aus?
20. Marc: Nee, nicht alle waren gleich.
21. Versuchsleiter: Wie sahen die denn aus?
22. Marc: Manche sahen grün aus, manche sahen pink aus und so, auch rot welche. Manche sahen auch Gelb aus. Und dunkelgelb auch. Oder schwarz.
23. Versuchsleiter: Schwarz auch? Haben wir etwas zu den Stoffen gesagt, die dann Ihre Farbe verändert haben, wie der Essig zum Beispiel?
24. Marc: Mmh. Aber ich weiß nicht mehr was.
25. Versuchsleiter: Na ja, gut. Hast Du einen Vorschlag, warum sich die Farbe verändert?

26. Marc: Ja, weil da was anderes zugegeben wird. Und dann kann es ja eine andere Farbe kriegen.
27. Versuchsleiter: Hier vorne habe ich auch noch ein besonderes Papier liegen. Hast Du das schon einmal gesehen?
28. Marc: Ja, das habe ich schon einmal gesehen. Bei Euch.
29. Versuchsleiter: Was haben wir denn mit dem Papier gemacht?
30. Marc: Mit dem Papier haben wir das auch mit diesem Rotkohlsaft genommen, und in so einen Becher rein getan und dann haben wir so mit der Pinzette aufgesaugt, und dann das kleine Ding da reingetan, und dann haben wir auch ein bisschen, hmmh, Rotkohlsaft da drüber gemacht und dann wurden das verschiedene Farben.
31. Versuchsleiter: Kennst Du das Wort Lauge noch?
32. Marc: Mmh.
33. Versuchsleiter: Was stellst Du Dir denn unter einer Lauge vor?
34. Marc: Keine Ahnung.
35. Versuchsleiter: Hast Du aber schon einmal gehört?
36. Marc: Ja, bei Euch.
37. Versuchsleiter: Hast Du da schon einmal eine Lauge gesehen?
38. Marc: Ja, bei uns im Baum.
39. Versuchsleiter: Was hat denn Baum mit einer Lauge zu tun?
40. Marc: Keine Ahnung, eigentlich keine Ahnung.
41. Versuchsleiter: Okay. Zum Abschluss hätte ich noch ein paar Fragen an Dich: Von den Sachen, die wir in dem Projekt gemacht haben, was hat Dir denn da am besten gefallen?
42. Marc: Eigentlich alles.
43. Versuchsleiter: Ja?
44. Marc: Mmh.
45. Versuchsleiter: Hast Du irgendeinen Lieblingsversuch?
46. Marc: Eh, eh.
47. Versuchsleiter: Fandest Du alles gut? Und wenn wir uns über unsere Versuche unterhalten haben, mit Simone und mit Björn zusammen, und Ihr alle etwas sagen solltet: Wie fandest Du das?
48. Marc: Auch gut.
49. Versuchsleiter: Fandest Du das nicht langweilig?
50. Marc: Eh, eh.
51. Versuchsleiter: Und glaubst Du, das Du etwas gelernt hast in unserem Projekt?
52. Marc: Mmh. Aber ich habe es vergessen.
53. Versuchsleiter: Was glaubst Du denn, was Du gelernt hast?
54. Marc: Keine Ahnung.
55. Versuchsleiter: Aber du glaubst, dass Du etwas gelernt hast?
56. Marc: Mmh.
57. Versuchsleiter: Und die letzte Frage, die ich noch gerne wissen würde von Dir: Hast nach unserem Projekt zu Hause auch noch mal Versuche gemacht?
58. Marc: Nee, ich habe ja nicht so Gläser und so.

59. Versuchsleiter: Mit irgend etwas anderem vielleicht mal was ausprobiert?
60. Marc: Nee.
61. Versuchsleiter: Gar nichts?
62. Marc: Eh, eh.
63. Versuchsleiter: Alles klar. Marc, vielen Dank.

Protokoll der Untersuchungssituation „Interview“ mit Nadja

1. Versuchsleiter: Okay. Dann will ich Dir auch paar Fragen stellen, damit Du möglichst bald raus kommst zum Spielen bei dem schönen Wetter. Wie war es denn heute bei Dir in der Schule, Nadja?
2. Nadja: Eigentlich ganz gut. Nur die meiste Zeit mußte ich drin bleiben, weil wir die Blumen umtopfen mussten.
3. Versuchsleiter: Okay. Na Nadja, dann können wir ja gleich mit den Sachen anfangen.
4. Nadja: Ja.
5. Versuchsleiter: Du hast ja schon mitbekommen, was ich Deinem Bruder für Fragen gestellt habe. Was kannst Du denn zu den Sachen erzählen, die hier auf dem Tisch stehen?
6. Nadja: Wir haben Waschpulver und so vermischt, damit, hmmh, mit Lauge und, eh, Säure. Dann haben wir auch ein bisschen Seife und Spülmittel und so reingetan und, eh-. Wir haben auch so mit Bändern, haben wir, hmmh, dann zum Beispiel Waschpulver geholt und auch da rein getan und geguckt, ob das eine andere Farbe gibt. Hmmh. Und dann haben wir ja alles vermischt und uns dann so die Farben angekuckt und die geordnet, nach der Farbe und so. Und dann haben wir die Sachen auch mit Rotkohl vermischt.
7. Versuchsleiter: Mit Rotkohlsaft?
8. Nadja: Ja, mit Rotkohlsaft. Und mir fällt jetzt auch nichts mehr ein.
9. Versuchsleiter: Hast Dich ja wirklich toll erinnert. Kann ich Dir noch ein paar Fragen stellen.
10. Nadja: Ja.
11. Versuchsleiter: Säure und Lauge. Das sind doch zwei gute Stichwörter, die Du eben gegeben hast. Was sagen Dir denn diese Wörter noch?
12. Nadja: Hmmh, wir haben, eh, Zitronensaft genommen, und dann-. Das weiß ich kaum noch. Hmmh. Mit Rotkohl vermischt. Und dann haben wir dann eine andere Farbe rausgekriegt. Ja und, weiß ich jetzt nicht mehr. Dann kam irgendeine Farbe raus und, hmmh, weiß ich wirklich jetzt nicht mehr.
13. Versuchsleiter: Weißt Du denn noch mehr zu Säure und Lauge zu erzählen?
14. Nadja: Eh, eh. Nee.
15. Versuchsleiter: Ist hier vielleicht irgendwo eine Säure mit bei?
16. Nadja: Hmmh. Ja, im Zitronensaft.
17. Versuchsleiter: Hier drin, im Zitronensaft. Ist der Saft die Säure?
18. Nadja: Ja.
19. Versuchsleiter: Und was mit diesem Papier?
20. Nadja: Das haben wir dann da reingetan, also in, in die Säure da, dann kam da eine andere Farbe.
21. Versuchsleiter: Weißt Du noch, was wir zu einzelnen Farben, die da rausgekommen sind, gesagt haben: Also wenn wir jetzt zum Beispiel Rotkohlsaft in den Zitronensaft gegeben haben oder in den WC-Reiniger?
22. Nadja: Nee. Weiß ich nicht mehr.

23. Versuchsleiter: Okay. Darf ich Dir auch noch drei Fragen zum Abschluß stellen. Und dann sind wir eigentlich auch schon fertig.
24. Nadja: Ja.
25. Versuchsleiter: Also, eigentlich sind es auch die Fragen, die ich Deinem Bruder gestellt habe. –Was hat Dir denn am besten in dem Projekt gefallen.
26. Nadja: Hmmh, eigentlich hat mir alles gut gefallen.
27. Versuchsleiter: Und, hmmh, wenn wir über unsere Versuche gesprochen haben, mit den Säuren, Laugen-
28. Nadja: Na ja, nicht so.
29. Versuchsleiter: War das schwer zu verstehen?
30. Nadja: Ja, ein bisschen.
31. Versuchsleiter: Marc hat ja vorhin gesagt, dass er etwas in unserem Projekt gelernt hat. Er weiß zwar nicht so richtig, was, aber: Glaubst Du denn auch, dass Du etwas in dem Projekt gelernt hast?
32. Nadja: Ja. Mit der Säure und Lauge.
33. Versuchsleiter: Hmmh, was meinst Du mit der Säure und Lauge?
34. Nadja: Hmmh, das jetzt in manchen Sachen Säure oder Lauge drinne ist.
35. Versuchsleiter: Mmh. Und wie könnte man das feststellen ob da eine Säure-
36. Nadja: Hmmh, mit Rotkohlsaft.
37. Versuchsleiter: Was müsste denn da passieren, wenn eine Säure oder Lauge vorhanden ist?
38. Nadja: Hmmh, eine andere Farbe müsste daraus kommen.
39. Versuchsleiter: Hmmh. Okay. Und hast Du zu Hause auch noch einmal Versuche gemacht?
40. Nadja: Nee. Wollte ich erst. Aber habe ich dann nicht.
41. Versuchsleiter: Okay. Gut. Vielen Dank.
42. Nadja: Ja, bitte.

Protokoll der Untersuchungssituation „Interview“ mit Sebastian

1. Versuchsleiter: Wie fühlst Du Dich denn heute?
2. Sebastian: Ganz okay.
3. Versuchsleiter: Schön. Na gut, Sebastian. Den Raum hier unten kennst Du ja noch. Weißt' bestimmt auch noch, was wir hier gemacht haben. Und ich habe Dir von unserem letzten Projekt ein paar Sachen mitgebracht. Die kannst Du jetzt erst mal anschauen. Und dann würde ich Dich bitten, einfach mal alles zu erzählen, was Dir zu diesen Sachen einfällt, die auf dem Tisch stehen.
4. Sebastian: Hmmh.
5. Versuchsleiter: Und: Fällt Dir etwas zu den Sachen ein?
6. Sebastian: Ja.
7. Versuchsleiter: Dann erzähl einfach mal los. Ich höre ganz gespannt zu.
8. Sebastian: Hmmh, wir haben Rotkohlsaft und Branntweinessig gemischt, oder mit den Reinigern und dann, hmmh, hiervon so ein Streifen da rein gelegt. So klein eingetunkt und nachher an die Tafel geklebt. Hmmh. Sonst fällt mir nichts mehr ein.
9. Versuchsleiter: Na ja. Das ist doch schon mal was. Du hast eben gesagt, dass wir mit dem Rotkohlsaft etwas gemischt haben. Also, du hast von Essig gesprochen, und auch von dem Attapulver. Kannst Du das vielleicht noch ein bisschen genauer sagen: Was wir da gemacht haben?
10. Sebastian: Ja, mit dem Waschpulver, das war dann so rauh auf dem Papier und, hmmh, mit dem Branntweinessig, oder mit der Zitronensäure war das dann so glatt auf dem Papier. Und da waren dann verschiedene Farben.
11. Versuchsleiter: Verschiedene Farben: Wie meinst Du das?
12. Sebastian: Das sind Farben, die auch hier drauf sind.
13. Versuchsleiter: Aha? Und weißt Du noch, wieso wir das gemacht haben?
14. Sebastian: Hmmh, das weiß ich nicht.
15. Versuchsleiter: Das war am vorletzten Tag.
16. Sebastian: Ja, hmmh, mal überlegen. Hmmh, das hat dann halt verschiedene Farben ergeben.
17. Versuchsleiter: Stimmt. Haben wir zu den Farben noch etwas gesagt?
18. Sebastian: Hmmh. Dann haben wir noch darüber gesprochen, wie man die raus bekommen hat.
19. Versuchsleiter: Die Farben?
20. Sebastian: Ja.
21. Versuchsleiter: Wie meinst Du das? Rausbekommen?
22. Sebastian: Ja, also jeder einzelne hat gesagt, wie man das rausbekommen hat, und an der Tafel standen dann auch die verschiedenen Namen, z.B. Atta und so. Und dann hat Simone die Streifen dann mit Tesafilm unter die verschiedenen Begriffe geklebt.
23. Versuchsleiter: Genau. Hast Du denn eine Ahnung, warum sich die Farbe von dem Papier verändert hat?

24. Sebastian: Hmmh. Vielleicht, weil da verschiedene Produkte sind. Also: In Brantweinessig sind ein paar Zutaten drin, die beim Atta nicht sind. Und beim Atta, die bei dem Zitronensaft drin sind. Und deswegen hat das verschiedene Farben ergeben.
25. Versuchsleiter: Und eine Frage noch dazu? Sind denn die Farben alle unterschiedlich gewesen oder waren die sich schon ähnlich?
26. Sebastian: Ja. Ein paar waren sich ähnlich, bei dem Spülmittel waren die so grünlich.
27. Versuchsleiter: Okay. Sagt Dir denn das Wort ‚Säure‘ etwas?
28. Sebastian: Ja.
29. Versuchsleiter: Erzähl doch mal was dazu: Eine Säure, was das ist, was Du Dir darunter vorstellst-
30. Sebastian: Also, es gibt ja Zitronensäure, und, hmmh, wie heißt das? Und noch ein paar andere Säuren: Wie diese ätzenden, diese hautätzenden, die man meistens in der Chemie benutzt.
31. Versuchsleiter: Du hast jetzt gerade auf diese Zitronensäure gezeigt. Haben denn die Zitronensäure und diese Zitrone etwas gemeinsam?
32. Sebastian: Ja. Da bei der Zitronensäure, ist jetzt, glaube ich, auch Zitronensaft drin. Und da ist auch Zitronensaft drin - nur der ist für Salat bestimmt.
33. Versuchsleiter: Und diese Salzsäure?
34. Sebastian: Hmmh.
35. Versuchsleiter: Was meinst Du dazu?
36. Sebastian: Also, das benutzt man eigentlich nicht für Salat.
37. Versuchsleiter: Stimmt, da hast Du recht. Und der Essig hier, hat der etwas mit Säure zu tun?
38. Sebastian: Ja, es kann sein, dass da auch ein bisschen Säure drin ist.
39. Versuchsleiter: Wie kommst Du darauf?
40. Sebastian: Ja, das da vielleicht ein bisschen Zitronensäure drin ist, weil man benutzt Essig ja auch so für Salate oder wenn man was braten möchte.
41. Versuchsleiter: Sag mal, kennst Du das Wort Lauge? Hast Du da schon einmal etwas von gehört?
42. Sebastian: Ja, also es gibt ja auch, hmmh, warte, wie heißt das jetzt. So Back-, wie heißt das jetzt. Laugenbrezel, gibt es ja auch.
43. Versuchsleiter: Steht hier auch eine Lauge auf dem Tisch oder hat irgendeiner der Stoffe mit Lauge etwas zu tun?
44. Sebastian: Hmmh. Ich glaube, das Atta und dieses Clinair ist wie eine Lauge.
45. Versuchsleiter: Aber, schau mal. Der Kloreiniger, das siehst Du ja, ist flüssig. Und das Attapulver, das kann man hören, ist fest. Und beide haben etwas mit einer Lauge zu tun, sagst Du?
46. Sebastian: Mmh.
47. Versuchsleiter: Was denn?
48. Sebastian: Na ja, sie riechen, glaube ich, beide so.
49. Versuchsleiter: Also, kann man eine Lauge am Geruch erkennen?
50. Sebastian: Glaube schon.
51. Versuchsleiter: Okay. Hast Du denn noch eine Frage an mich, Sebastian, wenn Du die ganzen Sachen hier stehen siehst? Jetzt frage ich Dich die ganze Zeit: Jetzt bist auch mal dran mir fragen:

52. Sebastian: Hmmh. Ich glaube, eine habe ich.
53. Versuchsleiter: Ja, dann stell mir mal eine.
54. Sebastian: Aber ich glaube nicht, dass wir das in dieser Zeit noch schaffen. Ich würde nämlich gerne die ganzen Versuche noch einmal machen.
55. Versuchsleiter: Ja?
56. Sebastian: Weil das so viel Spaß gemacht hat.
57. Versuchsleiter: Die Versuche? Was hat Dir denn daran so gut gefallen?
58. Sebastian: Ja, man wusste jetzt nicht, was passiert und so. Und das war auch ganz aufregend, finde ich.
59. Versuchsleiter: Wenn man Sachen zusammenkippt oder mischt, das man dann nicht weiß, was herauskommt?
60. Sebastian: Ja.
61. Versuchsleiter: Das hat Dir gut gefallen?
62. Sebastian: Mmh.
63. Versuchsleiter: Welche Versuche haben Dir denn am besten gefallen?
64. Sebastian: Ja, die waren eigentlich alle okay.
65. Versuchsleiter: Hast Du die Versuche zu Hause noch einmal gemacht?
66. Sebastian: Nee, ich hatte bis jetzt keine Gelegenheit.
67. Versuchsleiter: Wir haben ja auch immer über die Versuche gesprochen. Ich habe etwas erklärt, ich habe Euch Fragen gestellt. Wie fandest Du denn das?
68. Sebastian: Ja, das fand' ich einfach gut, weil man muss ja auch erklären können, wenn man das gemacht hat. Finde ich.
69. Versuchsleiter: Also, einfach nur etwas zu machen, dass wäre auch langweilig.
70. Sebastian: Ja, und dann nicht darüber zu sprechen, was passiert ist und so.
71. Versuchsleiter: Hmmh. Glaubst Du denn, Sebastian, dass Du etwas in unserem Projekt gelernt hast?
72. Sebastian: Mmh.
73. Versuchsleiter: Okay. Und möchtest Du noch gerne einmal Versuche durchführen?
74. Sebastian: Ja, gerne.
75. Versuchsleiter: Kannst Du denn auch noch, als letzte Frage, sagen, was die Versuche für Dich bedeuten? Ist das für dich anstrengend, ist das wie ein Spiel, ist das eine angenehme Sache?
76. Sebastian: Also, für mich ist das eigentlich so was, als wenn ich draußen spielen würde, so Abenteuer.
77. Versuchsleiter: Aufregend?
78. Sebastian: Ja.
79. Versuchsleiter: Okay. Alles klar, Sebastian. Dann ist es das eigentlich gewesen. Die Fragen, die Du beantworten solltest. Ich bedanke mich bei Dir, dass Du das gemacht hast. Schön. Was ist denn, wenn wir noch einmal so ein Projekt in den Osterferien anbieten?
80. Sebastian: Ja, da würde ich sofort kommen. Nur in diesen Osterferien würde ich, glaube ich, nicht können, weil wir da nach Dänemark fahren.
81. Versuchsleiter: Schade. Hättest Du denn vielleicht auch mal Lust, in Deiner Schulfreizeit zu kommen?

82. Sebastian: Ja.
83. Versuchsleiter: Deine Mama hat mir erzählt, das Du viel Sport machst. Hättest Du also auch mal Lust, etwas anderes zu machen?!
84. Sebastian: Außer Sport?
85. Versuchsleiter: Ja, so was wie wir es im Projekt gemacht haben. Das Du nachmittags vielleicht mal hier her kommst für ein, zwei Stunden.
86. Sebastian: Ja.
87. Versuchsleiter: Na gut, wollen mir mal schauen, was sich da machen lässt. Sebastian, dann mache ich jetzt erst mal den Rekorder aus.

Protokoll der Untersuchungssituation „Interview“ mit Yannick

1. Versuchsleiter: Und Yannick, wie geht es Dir heute?
2. Yannick: Gut, eigentlich.
3. Versuchsleiter: Gesund und munter?
4. Yannick: Mmh.
5. Versuchsleiter: Prima, so soll es auch sein.
6. Versuchsleiter: Schau mal Yannick: Dein Blick ist ja eben schon mal nach links geschweift. Ich habe Dir hier ein paar Sachen mitgebracht.
7. Yannick: Hmmh.
8. Versuchsleiter: Die müsstest Du eigentlich noch kennen!
9. Yannick: Mmh.
10. Versuchsleiter: Versuch' doch mal zu den Sachen, die auf dem Tisch liegen, etwas zu erzählen. Was Dir dazu einfällt.
11. Yannick: Diesen Rotkohlsaft, den hatten wir ja auch gemacht. Den hat Simone gemacht, hmmh, auf dem Herd haben wir den so gekocht, ne? Und dann hatten wir wieder-. Das ist da Seife, womit, hmmh, damit hatten wir dann auch so was gemacht: Dann hattest Du das hier vorne alles so hingestellt, und dann durften wir uns immer eins nehmen und das ausprobieren, mit so einer Farbe mischen. Welche Farbe das dann wird. Und wir hatten mit der Pin, hmmh, den da-.
12. Versuchsleiter: Pipette?
13. Yannick: Da ist noch Kloreniniger. Nur ich weiß nicht-. Dies hier war doch, hmmh, so ein giftiges Zeug. Da so drin, ne? In dem. Ja. Und in dieses Schälchen hatten wir das gemacht mit dem Rotkohlsaft.
14. Versuchsleiter: Sonst noch etwas, Yannick?
15. Yannick: Eh, eh.
16. Versuchsleiter: Okay. Das ist doch schon mal prima. Du hast vorhin zu dem Rotkohlsaft etwas erzählt. Das habe ich nicht mehr so ganz in Erinnerung. Kannst Du mir noch sagen, was wir damit gemacht haben?
17. Yannick: Ich glaube, da haben-. Ich weiß es auch nicht mehr so ganz. Aber, hmmh, ich glaube, dass wir das dann auch so mit diesem Band gemischt haben. Und das dann so reingehalten haben. Und das sich das dann angezogen hat.
18. Versuchsleiter: Gekocht hatten wir den Saft. Das hattest Du vorhin erzählt. Das hatte Simone drüber in dem anderen Raum gemacht. Und: Dann hast du auch irgendwas davon gesagt, dass wir hier Sachen auf den Tisch stehen hatten. Die Seife und den Kloreniniger.
19. Yannick: Und dann hattet Ihr, hmmh, auch so Gläser hingestellt, wo das drin war, dann durften wir das, hmmh, mischen. Und, hmmh, welche Farbe – Wir hatten dann so einen Zettel, und da durften wir eintragen, was da rausgekommen ist, welche Farbe.
20. Versuchsleiter: Also, da hat sich eine Farbe geändert?

21. Yannick: Hmmh, zum Beispiel diese gelbe Zitrone, was da drin war, hmmh. Da stand ja nur das Glas da so drin, nur von der Zitrone ein bisschen, und dann durften wir was anderes nehmen, und das dazu mischen.
22. Versuchsleiter: Nachdem wir den Rotkohlsaft dazugegeben haben – Haben wir dann noch mal mit den Stoffen etwas gemacht, die auf dem Tisch stehen?
23. Yannick: Hmmh, weiß ich nicht mehr.
24. Versuchsleiter: Okay. Kennst Du denn das Wort Säure?
25. Yannick: Hmmh. Das hatten wir, hmmh, so an die Tafel gemacht, das wir dann, wo man denkt, wo Säure drin ist. Da hatten wir da ‚Säure‘ stehen und da, glaube ich, hmmh, was war da noch mal, hmmh, Lauge! Und dann, was zum Beispiel, hmmh, dann bei Lauge könnte, aber das ist bestimmt nicht da drin, im Laugenbrötchen. Also, was man gedacht hat, was da drin sein kann, wo Säure drin sein kann, zum Beispiel, hmmh, da ist Säure drin, in den Zitronen.
26. Versuchsleiter: Da ist Säure drin, okay. Hat der Kloreiniger auch etwas mit Säure zu tun?
27. Yannick: Weiß ich nicht. Ich glaube, auch Säure. Oder Lauge.
28. Versuchsleiter: Eins von beiden?
29. Yannick: Ich würde sagen Lauge eher.
30. Versuchsleiter: Wenn ich Dich jetzt richtig verstehre, sind Säuren und Laugen was unterschiedliches.
31. Yannick: Mmh. Und dann hatten wir auch noch so Weintrauben. Da war, glaube ich auch Säure drin. Und dann sollten wir probieren, ob das sauer ist oder nicht. Und das war ganz süß. Hmmh. Und ob Säure süß ist, hmmh. Wir haben. Weil Säure eigentlich sauer ist. Und die Weintrauben haben süß geschmeckt.
32. Versuchsleiter: Und wie erklärst Du Dir das?
33. Yannick: Ist keine Säure drin, in den Weintrauben.
34. Versuchsleiter: Wie haben wir denn festgestellt, ob die einzelnen Stoffe, irgend etwas mit Säure oder Lauge zu tun haben?
35. Yannick: Wir haben das so ausprobiert. Also das zu mischen, gemacht. Irgendwie. Und dann kann so was raus.
36. Versuchsleiter: Kennst Du noch den Namen von irgendeiner Säure?
37. Yannick: Eh, eh.
38. Versuchsleiter: Und wenn Du Dir die Sachen so anschaugst, die hier auf dem Tisch stehen?
39. Yannick: Vielleicht Zitronensäure. Und in dem Essig ist, glaube ich, auch Säure drin. Weil das so bitter schmeckt!
40. Versuchsleiter: Ist denn Säure und Zitronensäure das gleiche?
41. Yannick: Glaub nicht. Weil, die beiden Sachen unterscheiden sich. Essig und dieser Zitronensaft da. Weil, dies eine schmeckt so bitter und das andere sauer. Und weil da Säure drinne ist, auch so Zitronensäure und da andere Säure drinne ist, hmmh, schmeckt das anders. Und weil da auch andere Mittel so drinne sind.
42. Versuchsleiter: Okay. Yannick, der Rotkohlsaft und das Papier, das hier in dem Röllchen drin ist: Da hast Du vorhin auch etwas von erzählt.

43. Yannick: Ja, das hatten wir irgendwie. Hatten wir ja das, hmmh, wieder gemischt, mit dem, mit diesen Sachen, und dann, welche Farbe da wieder rausgekommen ist. Durften wir so eintunken. Und dann, hmmh, haben wir das so an die Tafel geklebt. Dann hatten wir einmal Meister Propper oder so hingeschrieben. Und dann alle von Meister Propper die Streifen hingeklebt.
44. Versuchsleiter: Also irgendwie hat das Papier auch seine Farbe verändert, oder habe ich Dich jetzt falsch verstanden?
45. Yannick: Hmmh. Ja, weil. Wenn es weiß wäre, wäre das anders geblieben. Weil, hmmh, gelb und mit was anderes, dann wird das ne andere Farbe.
46. Versuchsleiter: Haben denn der Rotkohlsaft und dieses Papier irgend etwas gemeinsam? Kann man das sagen?
47. Yannick: Eigentlich nicht.
48. Versuchsleiter: Kennst Du noch ein paar Eigenschaften von einer Säure? Du hast gesagt, dass eine Säure sauer schmeckt
49. Yannick: Hmmh. Und das sie anders schmecken, als wo keine Säure drinne ist. Weil das hat so ein eigenen Geschmack, die Säure.
50. Versuchsleiter: Und bei einer Lauge? Lauge hattest Du vorhin ja auch genannt.
51. Yannick: Hmmh. Also, Lauge. Das, hmmh, kann man nicht -. Das unterscheidet sich zwischen der Säu-, wie heißt es, zwischen der Säure, ne? Weil das hat auch so wieder einen anderen Geschmack. Und ich weiß zwar nicht, wie das schmeckt, die Lauge.
52. Versuchsleiter: Hast Du denn schon mal in der Schule oder zu Hause eine Säure oder Lauge gesehen?
53. Yannick: Eh, eh. Nur wir hatten mal in der Schule so ein, auch so ein Experiment gemacht mit, hmmh, mit Feuer. Hatten wir so ein Plan und dann stand da zum Beispiel drauf, ob wir. Hatten so eine bestimmte Zange, und dann durften wir zum Beispiel, brennt ein Laubblatt, oder so, zwischen die Zange genommen, sollten wir das an das Teelicht halten. Das hat natürlich wie verrückt gebrannt. Und dann hatten wir Wasser und durften es ganz schön rein tunken und dann durfte man Kreuzchen machen, dass das also brennt. Und beim Nagel auch das gleiche. Na ja, da brennt es nicht. Oder Schrauben brennen auch nicht.
54. Versuchsleiter: Na gut. Wenn Du Dir die Sachen anschaugst, Yannick, die hier stehen. Könntest Du da noch sagen, ob da eine Säure oder eine Lauge dabei ist?
55. Yannick: Also, das ist nicht. Hmmh, da ist jetzt nicht zum Beispiel nur Lauge oder Säure drin. Nur. Das da so ein bisschen, Tropfen oder so was von der Säure damit das ein anderer Geschmack ist. Da, hmmh, mit dem weißen Deckel ist Salzsäure. Also, ich glaube, dass das so ein bisschen salzig schmeckt, so wie Salzwasser.
56. Versuchsleiter: Also müsste man probieren, wie das schmeckt oder ?
57. Yannick: Mmh. Nur da steht irgendwas drauf, dass das giftig ist oder so.
58. Versuchsleiter: ,Ätzend' steht da drauf.
59. Yannick: Mmh. Werde ich das eigentlich lieber nicht probieren.
60. Versuchsleiter: Na gut. Yannick: Dann noch ein zwei, drei Fragen zum Abschluß. Wenn Du so an unser Projekt denkst: Was hat Dir denn da am besten gefallen?

61. Yannick: Hmmh. Eigentlich das mit dem, wo wir uns einfach das mischen durften, was wir. Hmmh, was wir wollten. Und was das dann geworden ist, für eine Farbe.
62. Versuchsleiter: Was hat Dir besser gefallen: Wenn Ihr selbst Experimente gemacht habt oder wenn wir darüber gesprochen haben?
63. Yannick: Die Versuche. Das andere ist ein bisschen langweiliger.
64. Versuchsleiter: Na ja. War das schwer, wenn wir uns unterhalten haben. Leicht oder mittelschwer?
65. Yannick: Nicht gerade leicht oder so. War nicht grad schwer.
66. Versuchsleiter: Glaubst Du denn, Yannick, dass Du etwas in dem Projekt gelernt hast?
67. Yannick: Ja, mmh.
68. Versuchsleiter: Hast Du denn zu Hause noch mal selbst Versuche gemacht, nach unserem Projekt?
69. Yannick: Eh, eh.
70. Versuchsleiter: Keine Lust?
71. Yannick: Na ja. Eigentlich keine Zeit.
72. Versuchsleiter: Okay. Möchtest Du denn noch einmal zu uns kommen, wenn wir noch einmal ein Projekt machen?
73. Yannick: Mmh. Hätte ich Lust zu.
74. Versuchsleiter: Und was würdest Du dann gerne mal machen. Hast Du schon eine Vorstellung von?
75. Yannick: Wir durften das ja auch auf so einen Zettel schreiben, was wir nächstes Mal machen wollen. Eigentlich mehr mit so Elektrik was machen. Aber das andere war auch ganz schön mit den Säuren und so mit den flüssigen Sachen sich zu beschäftigen.
76. Versuchsleiter: Was hat Dir denn so gefallen?
77. Yannick: Weil wir, hmmh, so ganz bestimmt, also ganz bestimmte Sachen genommen haben, um das dann zu mischen und wir nicht einfach irgendwas genommen haben. Weil, man kann ja jetzt nicht einfach-. Ich nehme mal ein bisschen Mehl dazu und dann ein bisschen, hmmh, kleine Papierreste und ein bisschen Backpulver und dann ein geschlagenes Ei dazurühren.
78. Versuchsleiter: Okay. Alles klar, Yannick und vielen Dank.

Anhang C – Problemstellungstranskripte

Protokoll der Untersuchungssituation ,Problemstellung’ mit Charlott

1. Versuchsleiter: Setz Dich doch erst mal. Schau mal-
2. Charlott: Das ist Salz, das ist ein Klümpchen Zucker und das ist Waschmittel.
3. Versuchsleiter: Also, im Glas B sagst Du, ist Salz drin. Im Glas A: Was hast Du da gesagt?
4. Charlott: Zucker.
5. Versuchsleiter: Und im Glas C?
6. Charlott: Im Glas C ist Waschmittel drin.
7. Versuchsleiter: Wie kommst Du darauf?
8. Charlott: Weil man das erkennt. Weil Zucker ist immer so klumpig. Wenn der länger in der Dose ist, dann wird das klumpig. Und Salz, dass ist auch sehr fein. Und das sieht man. Weil, das ist ein bisschen dunkler ist Salz, eh, als Zucker.
9. Versuchsleiter: Und das ist Waschmittel?
10. Charlott: Ja.
11. Versuchsleiter: Du kannst ja auch mal den Stoffen riechen.
12. Charlott: Ich rieche da aber nichts bei Salz. Und der Zucker? Ja, das ist Salz und das ist Zucker.
13. Versuchsleiter: Könnten denn diese weißen Stoffe auch etwas anderes sein?
14. Charlott: Ja! Das könnte zum Beispiel Waschpulver sein.
15. Versuchsleiter: Das in Glas A könnte Waschpulver sein?
16. Charlott: Ja. Und im Glas B, hmmh. Glaube ich, ist nur Salz.
17. Versuchsleiter: Und in Glas C kann nur Waschmittel sein?
18. Charlott: Ja. Kann ich mal riechen? Nee. Das ist Waschmittel.
19. Versuchsleiter: Sag mal, könnte denn diese Pulver-
20. Charlott: Weil das auch so aussieht. Aber es riecht nicht so.
21. Versuchsleiter: Mmh.
22. Charlott: Riecht ein bisschen ekelig.
23. Versuchsleiter: Könnten denn die Stoffe in den Gläsern auch etwas mit einer Lauge oder Säure zu tun haben?
24. Charlott: Ja. Wenn das hier Waschpulver wäre, dann wäre das nämlich eine Lauge. Und das: Wenn das Salz wäre, wäre das nämlich Säure. Weil Säure ist sauer und salzig. Eh, sauer und süß.
25. Versuchsleiter: Sauer und süß?
26. Charlott: Ja. Sauer und süß.
27. Versuchsleiter: Na gut.
28. Charlott: Nein. Dann könnte das eigentlich Zucker sein.
29. Versuchsleiter: Wie kommst Du denn im Zusammenhang mit Waschpulver auf ‚Lauge’?
30. Charlott: Hmmh, Lauge, das ist noch mal-

31. Versuchsleiter: Ist dass Waschpulver und Lauge gleichzeitig oder entweder Waschpulver oder Lauge?
Das habe ich jetzt nicht so richtig verstanden.
32. Charlott: Also. Das, hmmh, bleibt auf jeden Fall Waschpulver. Weil ‚Lauge‘, das ist, hmmh, nicht so Pulver oder so. Das ist, hmmh, das nennt man so, weil das, ein Wort ist für so. Zum Beispiel für so, so Pulver. Und dann, hmmh, kann man das gut unterscheiden, weil wenn da nichts drauf steht, so wie jetzt, dann kann man sagen: ‚Ah, das ist Zucker, das ist eine Säure. Und das ist Waschpulver, das ist Lauge.‘
33. Versuchsleiter: Okay. Aber jetzt stell Dir mal vor: Derjenige, der die Stoffe hier in die Gläser rein gemacht hat, hat mir nicht gesagt, welcher der Stoffe etwas mit Säure oder Lauge zu tun hat.
34. Charlott: Ah. Genau. Ich weiß, wie man das rausfinden kann. Wir können jetzt zum Beispiel mal ein bisschen Wasser hier rein kippen. Weil Waschpulver löst sich ja auf. Und dann könnten wir gucken, ob sich das richtig gut auflöst. Und ob sich die anderen auch auflösen.
35. Versuchsleiter: Hmmh. Das ist eine ganz gute Idee. Aber-
36. Charlott: Ah. Ich glaube, ich habe mich doch mit dem Waschpulver getäuscht. Ich glaube, wie ich mir das jetzt gerade so genau angucke, ist das glaube ich doch eher Zucker.
37. Versuchsleiter: Hmmh. Hast Du denn noch eine Vorstellung, wenn Du noch einmal an Säure und Lauge denkst, wie man das heraus bekommen könnte. Ob hier bei den Stoffen eine Säure oder Lauge dabei ist?
38. Charlott: Hmmh. Durch schmecken. Aber man darf nicht immer alles bei Chemie schmecken. Weil das könnte dann zum Beispiel, wenn man das nicht gut weiß, und das dann nicht drauf steht, könnte das ja auch giftig sein. Und deswegen muss man fragen.
39. Versuchsleiter: Richtig. Also, schmecken scheidet aus. Kann man es denn vielleicht riechen?
40. Charlott: Nein. Man kann es nur ausprobieren, was, hmmh, es ist.
41. Versuchsleiter: Und wie kann ich das ausprobieren?
42. Charlott: Mit dem Wasserglas. Wenn man da jetzt mal was reinkippt, dann verfärbt sich das ja auch in verschiedenen Farben. Das könnte dunkelweiß und das klar-. Und man könnte das auch schmecken.
43. Versuchsleiter: Na ja. Mit dem Schmecken, hast Du ja eben selbst gesagt-
44. Charlott: Ja, stimmt.
45. Versuchsleiter: Das ist nicht eine so gute Idee. Ich habe jetzt hier in der Flasche Wasser. Kannst das ja mal ausprobieren, deinen Vorschlag.
46. Charlott: Mmh. In das Glas.
47. Versuchsleiter: Ja. Ist ja Dein Vorschlag gewesen.
48. Charlott: So, das reicht. Jetzt muss man erst mal gucken, ob sich das auch auflöst. Ein bisschen mehr noch. Das ist Zucker!
49. Versuchsleiter: Das ist Zucker. Weil sich dass so ein bisschen-
50. Charlott: Das, hmmh, kann sich nicht so gut auflösen.
51. Versuchsleiter: Und kann das jetzt auch, wenn das Zucker wäre, der weiße Stoff, der da im Glas A drin ist, kann der dann auch mit einer Säure etwas zu tun haben?

52. Charlott: Ja. Weil, ich habe ja gerade gesagt: Säure ist süß und sauer. Und Zucker ist ja nun mal süß. Und deswegen ist das eine Säure.
53. Versuchsleiter: Hmmh.
54. Charlott: Es mischt sich auch nicht so gut, auch wenn man ein bisschen schüttelt.
55. Versuchsleiter: Und wenn Du sagst, dass Säure süß und sauer sein kann, dann kannst Du mir ja bestimmt auch noch ein paar Sachen aufzählen, die mit Säure etwas zu tun haben.
56. Charlott: Zitronensäure. Salz. Nee, Salz nicht. Zitronensäure und Apfelsinensäure, hmmh. Grapefruitsaft. Ist auch eine Säure. Und: Zucker.
57. Versuchsleiter: Also süß schmeckt ja oftmals auch Schokolade!
58. Charlott: Ja, aber das, hmmh, muss flüssig sein. So eine Flüssigkeit, was sich auflösen kann. Wenn ich dazu Wasser geben würde, das wäre ja dann so, hmmh. Na, das wäre halt dann so, das wäre dann halt so matschig und so. Das muss sich gut mischen können und so.
59. Versuchsleiter: Okay. Und was ist mit dem Glas B?
60. Charlott: Das können wir ja auch noch mal mit Wasser ausprobieren.
61. Versuchsleiter: Na, da können wir ja mal schauen, ob ein Unterschied erkennbar ist.
62. Charlott: Das saugt sich aber noch schneller auf als Salz, eh, als Zucker. Aber dies hat sich auch schon wieder sehr gut, hmmh, sich aufgelöst.
63. Versuchsleiter: Mmh. Du kannst ja vielleicht in Glas B noch ein bisschen mehr Wasser geben.
64. Charlott: Mmh. Es könnte aber auch sein, dass das Wasser nach unten geht und das Salz nach oben.
65. Versuchsleiter: Und wie sieht es jetzt aus?
66. Charlott: Hmmh, das Wasser-. Hmmh, also das Salz das bleibt unten. Also, es kann sich nicht auflösen. Vielleicht schmeckt es auch salzig.
67. Versuchsleiter: Na ja. Probieren wollen wir es ja nicht. Hatten wir vorhin gesagt.
68. Charlott: Na, das ist jetzt schwierig. Weil-. Also jetzt, hmmh, kommt mir das ein bisschen wie Zucker vor.
69. Versuchsleiter: So ähnlich wie das in Glas A?
70. Charlott: Ja. Weil, das war auch so schwierig.
71. Versuchsleiter: Aber: Bevor Du Wasser hinzugegeben hast, sahen die ja schon ein bisschen unterschiedlich aus. Das eine war ganz fein.
72. Charlott: Mmh.
73. Versuchsleiter: Das andere, in Glas A, das war etwas-
74. Charlott: Klumpiger. Und dieses hier, bei Glas B, das ist auch etwas besser zu unterscheiden. Weil, wenn man Glas B und Glas A zusammen hält, dann sieht man, das Glas B dunkler ist als Glas A.
75. Versuchsleiter: Kann der Stoff in Glas B auch eine Lauge oder Säure sein?
76. Charlott: Also, ich habe eigentlich wieder vergessen, was Lauge ist. Konnte mir nämlich Säure besser merken. Hmmh. Das löst sich zum Beispiel gar nicht mehr auf.
77. Versuchsleiter: Hmmh. Guck' mal. Jetzt habe ich das Glas ein bisschen geschwenkt, jetzt ist es nicht mehr zu sehen.

78. Charlott: Ja. Dann müsste das Salz sein. Denn das löst sich schneller auf.
79. Versuchsleiter: Na, könnte sein. Hat dann denn Salz irgendwas mit Säure oder Lauge zu tun?
80. Charlott: Hmmh, ich glaube mit Säure überhaupt nicht. Weil, das ist nicht süß. Na ja, bitter vielleicht ein bisschen. Und sauer vielleicht auch ein bisschen. Also von beiden etwas. Das ist jetzt nicht ganz sauer und auch nicht ganz bitter.
81. Versuchsleiter: Na gut. Hat es denn dann noch Sinn, hier vorne etwas zuzugeben, in das Glas A, um herauszufinden, ob der Stoff mit Säure oder Lauge etwas zu tun hat?
82. Charlott: Das ist jetzt auf jeden Fall Mineralwasser. Das sieht man an den kleinen Sprudelkörnern. Und hier sind nämlich keine drinne.
83. Versuchsleiter: Weil hier kleine Luftblasen zu sehen sind?
84. Charlott: Ja, man könnte die vielleicht mal, eins von hier, von diesen Glä-, von diesen Säften, hier etwas rein geben. Aber ich vergleiche gerade mit Glas B: Von Glas C, dass das jetzt gleich aussieht.
85. Versuchsleiter: Mmh.
86. Charlott: Weil, es ist bei Glas B kein einziges Körnlein mehr. Kein Salzkörnlein.
87. Versuchsleiter: Hmmh. Aber, wenn ich Dich richtig verstanden habe, könnten wir das eigentlich nur rausbekommen, ob die Stoffe mit Säure etwas zu tun haben, wenn wir das am Geschmack probieren.
88. Charlott: Ach, genau! Wir hatten ja das mal probiert, mit Lauge oder Säure. Hat man so ein Bändchen rein gesteckt, und wenn es blau wurde, dann war es Lauge oder Säure. Und wenn es dunkelblau, war es vielleicht Säure oder so. Man könnte das ja mal mit einem Stück Kreide versuchen! So rein tunken und gucken, was es für eine Farbe ergibt. Man muss nur wissen, was, hmmh, Säure und Lauge für eine Farbe hat.
89. Versuchsleiter: Hmmh. Also, Kreide rein stellen, meinst Du!
90. Charlott: Ja. Muss aber weiße Kreide sein, weil sonst erkennt man das nicht. Weil, wenn es rot wird, dann ist es ja rot. Rote Kreide.
91. Versuchsleiter: Mmh. Na, jetzt habe ich leider keine Kreide dabei. Das ist vielleicht noch mal eine Aufgabe, die ich an der Uni ausprobieren kann. Okay. Dann danke ich Dir schön.

Protokoll der Untersuchungssituation ‚Problemstellung‘ mit Christopher

1. Versuchsleiter: So, Christopher. Ich habe heute Mittag in diese Gläser ein paar weiße Stoffe reingefüllt.
Hast Du vielleicht eine Vorstellung, was das sein könnte?
2. Christopher: Ich glaube, dass ist Zucker-
3. Versuchsleiter: In Glas A?
4. Christopher: Hmmh, das andere weiß ich nicht.
5. Versuchsleiter: Du kannst vielleicht auch mal dran riechen oder die Gläser mal in die Hand nehmen und ein bisschen schütteln. Vielleicht hilft Dir das ja dabei.
6. Christopher: Nee. Keine Ahnung.
7. Versuchsleiter: Gut. Christopher. Könnten denn diese weißen Pulver auch etwas mit Säure und Lauge zu tun haben?
8. Christopher: Ja. Könnte was damit zu tun haben. Das könnten Säuren und Laugen sein. Müsste man ausprobieren.
9. Versuchsleiter: Wie meinst Du das mit dem ausprobieren?
10. Christopher: Ja. Also, eh, müsste man testen. Das ist ja jetzt so Pulver, sozusagen. Man müsste Wasser zugeben und das Indikatorpapier benutzen.
11. Versuchsleiter: Indikatorpapier?
12. Christopher: Ja.
13. Versuchsleiter: Was war denn das noch mal?
14. Christopher: Das Papier, wo man, hmmh, wenn man das da reinhält, was sich dann verfärbt.
15. Versuchsleiter: Okay. Wollen wir das mal ausprobieren?
16. Christopher: Ja, gerne.
17. Versuchsleiter: Willst Du das mal selbst machen?
18. Christopher: Ja.
19. Versuchsleiter: Also, wenn die Stoffe jetzt in fester Form vorliegen, kann man das nicht beurteilen, ob eine Säure oder Lauge dabei vorhanden ist?
20. Christopher: Hmmh. Nee.
21. Versuchsleiter: Muss man also auf jeden Fall den Stoff lösen?
22. Christopher: Ja.
23. Versuchsleiter: Wieso machst Du so wenig Wasser in die Gläser, Christopher?
24. Christopher: Brauch man ja nicht soviel.
25. Versuchsleiter: Und was passiert da jetzt, wenn Du Wasser dazu gibst?
26. Christopher: Ja, eh, das bringt nicht viel, weil das vermischt sich nicht irgendwie so richtig mit dem Wasser.
27. Versuchsleiter: Hmmh.
28. Christopher: Müsste man da noch einmal ausprobieren. Kann man ja aber erst mal mit dem Papier versuchen.
29. Versuchsleiter: Wie Du meinst. Und was meinst Du jetzt dazu?
30. Christopher: Ist in Richtung grün, finde ich.

31. Versuchsleiter: Also, fragen wir mal so: Du hast jetzt vorgeschlagen, dass wir Wasser in die Gläser rein machen und dann mit dem Papier testen. Was müsste denn jetzt passieren, um zu sagen-
32. Christopher: Ja, das Papier verfärbt sich ja. Und dann müßte man dann halt da gucken.
33. Versuchsleiter: Hat sich denn das Papier verfärbt?
34. Christopher: Ja.
35. Versuchsleiter: Dann kannst Du es ja vielleicht erst mal hier hinlegen und dann machen wir erst mal bei den nächsten weiter.
36. Christopher: Hier löst es sich schon mehr auf.
37. Versuchsleiter: Na, vielleicht hast Du jetzt hier ein bisschen mehr Wasser rein gemacht.
38. Christopher: Ja, kann auch sein.
39. Versuchsleiter: Okay. Was kannst Du jetzt sagen?
40. Christopher: Ja, also hier hat sich mehr aufgelöst, wie bei dem ersten. Aber das Wasser hat sich nicht viel verändert.
41. Versuchsleiter: Das Wasser hat sich nicht viel verändert?! Was heißt denn für Dich, wenn Du sagst „auflösen“?
42. Christopher: Ja, dann, eh-. Ja, dann löst sich dieses, das Pulver sozusagen auf. Und dann nimmt das Wasser noch ein bisschen-, also wird ein bisschen milchiger.
43. Versuchsleiter: Und: Säure, Lauge oder gar nichts? Was meinst Du?
44. Christopher: Ich glaube eher Säure.
45. Versuchsleiter: Ja?
46. Christopher: Weiß ich aber nicht. Könnte man ja auch mit dem Rotkohlsaft machen.
47. Versuchsleiter: Hmmh. Jetzt hast Du zwei Sachen gesagt: Also, Rotkohlsaft-. Damit könnte man das auch feststellen?
48. Christopher: Ja.
49. Versuchsleiter: Und mit dem Papier kann ich hier jetzt nichts mehr machen, oder?
50. Christopher: Ja, könnte man auch reinhalten. Hier ist es jetzt auch ein bisschen grün.
51. Versuchsleiter: Hmmh. Okay. Nur jetzt würde mich mal eine Sache interessieren, Christopher: Jetzt hast Du ja gerade in dem Glas B mit Wasser den weißen Stoff aufgelöst. Und jetzt habe ich das so verstanden, dass Du überlegt hast, ob man es jetzt sehen kann, ob eine Säure oder Lauge vorhanden hist.
52. Christopher: Eh, eh. Sehen kann man das, glaube ich, nicht. Weil, jetzt sieht es wieder ganz klar aus, das Wasser.
53. Versuchsleiter: Dann probier doch jetzt noch einmal mit einem Stück Papier, oder?
54. Christopher: Okay. Ja, jetzt hat es sich verfärbt. Jetzt ist es ganz rot. Vielleicht habe ich hier auch nicht genug Wasser rein getan.
55. Versuchsleiter: Dann könntest Du ja vielleicht noch ein bisschen Wasser hinzugeben.
56. Christopher: Ich glaube, dass es am Wasser lag. An der Menge.
57. Versuchsleiter: Also müsste man jetzt noch einmal feststellen, ob eine Säure oder Lauge vorhanden ist?
58. Christopher: Mmh.

59. Versuchsleiter: Jetzt habe ich verstanden, was Du meinst. Ich bin eben ein bisschen begriffsstutzig gewesen. Ja. Dann solltest Du es jetzt doch noch einmal ausprobieren. Was sagt denn die rote Farbe eigentlich aus? Das Papier hat ja jetzt eine rote Farbe angenommen.
60. Christopher: Ja, also-. Das ist ne Säure.
61. Versuchsleiter: Eine Säure. Gut. Willst Du das in Glas C auch noch probieren?!
62. Christopher: Ja, okay.
63. Versuchsleiter: Kannst ja vielleicht nur erst einmal mit dem Papier probieren.
64. Christopher: Hat sich nichts verändert.
65. Versuchsleiter: Hmmh.
66. Christopher: Müsste man mit Wasser ausprobieren.
67. Versuchsleiter: Ja, dann mach das doch einmal.
68. Christopher: Hier löst es sich auch relativ schnell auf. Nur halt diese Brocken, von dem Klumpen. Ja, kann ich hiermit ja noch einmal machen.
69. Versuchsleiter: Ja, kannst Du damit noch einmal ausprobieren. Ah, jetzt ist es ja auf einmal blau geworden.
70. Christopher: Ja. Das war eine Säure und das war eine Lauge.
71. Versuchsleiter: Und weshalb kannst Du das erst sagen, nachdem in das Glas Wasser gegeben hast?
72. Christopher: Ja. Weil, Säuren können ja flüssig sein, und auch fest.
73. Versuchsleiter: Hmmh. Und was ist mit Laugen?
74. Christopher: Laugen auch.
75. Versuchsleiter: Okay. Jetzt hast Du eben davon gesprochen, dass wir das auch noch mit Rotkohlsäft machen können. Dann lass uns das doch auch noch einmal mit diesen drei Proben ausprobieren.
76. Christopher: Von dem gleichen, oder?
77. Versuchsleiter: Ah, dass musst Du herausfinden.
78. Christopher: Ja, A ist demnach auch ne Säure.
79. Versuchsleiter: Eine Säure?
80. Christopher: Ja, müsste so sein.
81. Versuchsleiter: Gut. Dann probier es doch noch einmal bei den anderen aus.
82. Christopher: Jetzt könnte es ja auch sein, dass, weil die Pulver ja alle weiß sind, dass es dann auch, alle so wie A werden.
83. Versuchsleiter: Ja, denkbar ist das.
84. Christopher: Aber stimmt nicht.
85. Versuchsleiter: Woran können wir das denn feststellen?
86. Christopher: Es wird grün.
87. Versuchsleiter: Sieht also anders aus als A?
88. Christopher: Ja. Und jetzt nur noch Glas B.
89. Versuchsleiter: Mmh, ja.
90. Christopher: Na ja, wieder andere Farben. So ein bisschen Ähnlichkeit hat B mit diesem rot.
91. Versuchsleiter: Und was meinst Du jetzt dazu?
92. Christopher: War ja vorher auch so.

93. Versuchsleiter: Bitte?
94. Christopher: War ja vorher auch so. Also bei dem Glas, wo wir das mit Wasser gemacht haben und mit dem Papier, war es auch rot. Und das ist jetzt auch so rot.
95. Versuchsleiter: Hmmh. Und was machen wir mit der grünen Farbe?
96. Christopher: Hmmh. Grüne Farbe. Müsste man noch mal bei dem A, wo wir eben Wasser zugegeben haben, müssten wir noch mal ein bisschen Rotkohlsaft zugeben-
97. Versuchsleiter: Bei A?
98. Christopher: Ja.
99. Versuchsleiter: Gut, dann probier das aus.
100. Christopher: Ja, sieht genauso aus wie vorher.
101. Versuchsleiter: Hmmh. Kannst Du denn jetzt sagen, nach dem Du Rotkohlsaft zu den Stoffen hinzugegeben hast-
102. Christopher: Was eine Säure und eine Lauge ist?
103. Versuchsleiter: Ja, was uns das anzeigt?
104. Christopher: Ich glaube, A und B sind beide Säuren.
105. Versuchsleiter: Und was meinst Du zu C?
106. Christopher: C ist eine Lauge. Und so ein bisschen bläulich. Das hier. Ja, da weiß ich nicht.
107. Versuchsleiter: Okay. Alles klar. Gut.

Protokoll der Untersuchungssituation ‚Problemstellung‘ mit Erik

1. Versuchsleiter: Schau mal Erik. Hier, in diese Gläser, sind von einem Kollegen von mir ein paar weiße Stoffe reingefüllt worden.
2. Erik: Hmmh.
3. Versuchsleiter: Hast Du eine Vorstellung, um was es sich bei den Stoffen handeln könnte
4. Erik: Das hier schmeckt, riecht wie Brausepulver.
5. Versuchsleiter: Hmmh.
6. Erik: Und die hier riechen gar nicht.
7. Versuchsleiter: Okay.
8. Erik: Das hier sind ganz kleine Körner. Die hier sind ein bisschen größer. Und das ist Pulver!
9. Versuchsleiter: Hmmh, pulvrig. Also so ganz gleich sehen sie offensichtlich nicht aus. Das hast Du schon mal sehr gut erkannt. Könnten denn diese weißen Pulver – das hat mein Kollege nämlich behauptet - auch etwas mit einer Säure oder Lauge zu tun haben?
10. Erik: Ja.
11. Versuchsleiter: Also, könnten diese Stoffe Säuren oder Laugen sein? Oder meinst Du, dass das nicht sein kann?
12. Erik: Ich glaube, Lauge.
13. Versuchsleiter: Und weshalb? Kann man denn den Stoffen das so ansehen?
14. Erik: Ja, weil Säure ist meistens flüssig.
15. Versuchsleiter: Hmmh.
16. Erik: Und das hier ist so pulvrig.
17. Versuchsleiter: Das sind alles Pulver, okay.
18. Erik: Mmh.
19. Versuchsleiter: Können wir das denn sicher rausbekommen, ob bei diesen Stoffen eine Säure oder Lauge dabei ist?
20. Erik: Ja. Wir haben da ja Rotkohlsaft rein gemacht, so ein bisschen und dann so gemischt.
21. Versuchsleiter: Mmh. Wollen wir das noch mal machen?
22. Erik: Mmh.
23. Versuchsleiter: Prima. Ich habe nämlich welchen mitgebracht. Brauchten wir noch etwas außer Rotkohlsaft?
24. Erik: Noch dieses, womit den Saft aufsaugen kann.
25. Versuchsleiter: Genau. Diese Pipette hatten wir dazu verwendet. Richtig. Willst Du das mal machen?
26. Erik: Jetzt ist es lila geworden. Aber hier ist was hell.
27. Versuchsleiter: Hmmh. Aber überwiegend doch lila, oder? Na, dann gib doch in die anderen Gläser auch noch ein bisschen Saft hinein. Mal gucken, ob da auch noch was passiert.
28. Erik: Das wird rosa!
29. Versuchsleiter: Oh! Also, diese Farbe sieht deutlich anders aus.
30. Erik: Mmh, das ist so lila.
31. Versuchsleiter: Und? Beim letzten Glas kannst Du es ja auch noch zugeben.
32. Erik: Hier ist es grün geworden.

33. Versuchsleiter: Können wir mit diesen Farben jetzt etwas anfangen?
34. Erik: Wir haben, haben dieses Papier da, dieses, was sich färbt, haben wir noch genommen.
35. Versuchsleiter: Hmmh.
36. Erik: Und dann hat es eine andere Farbe angenommen.
37. Versuchsleiter: Hmmh. Jetzt haben sich die Farben also geändert. Wir hatten vorher nur weiße Pulver und jetzt haben wir violett, rot und grün als Farben. Ich nehme jetzt noch mal ein bisschen Rotkohlsaft auf. Wenn Du Dir jetzt die Farbe des Rotkohlsafts anschau-
38. Erik: Das ist dunkel, wie da. Und das ist heller.
39. Versuchsleiter: Hmmh. Aber es ist doch eigentlich schon recht ähnlich wie beim Rotkohlsaft. Und bei den anderen Gläsern?
40. Erik: Eh, passt nicht. Und da auch nicht.
41. Versuchsleiter: Kannst Du mir jetzt sagen, ob wir in den Gläsern eine Säure oder Lauge haben?
42. Erik: Das hier ist glaub ne Lauge, weil es so grünlich geworden ist.
43. Versuchsleiter: Hmmh. Und hier?
44. Erik: Die beiden sehen so aus, als ob es Säuren sind. Wegen dieser Farbe.
45. Versuchsleiter: Aber jetzt hastest Du doch vorhin gesagt, dass Säuren normalerweise flüssig sind, oder?
46. Erik: Mmh.
47. Versuchsleiter: Na gut. Also: Du meinst hier, das könnte eine Lauge sein und hier, weiß man es nicht so genau.
48. Erik: Mmh.
49. Versuchsleiter: Bist Du Dir denn hierbei sicher?
50. Erik: Ganz sicher auch nicht.
51. Versuchsleiter: Okay. Alles klar. Dann nehme ich die mal weg und stell die Gläser dorthin, wo sie eben standen. Vielen Dank.

Protokoll der Untersuchungssituation ‚Problemstellung‘ mit Jan und Lars

1. Versuchsleiter: So. Ich habe heute Mittag in diese Gläser ein paar weiße Stoffe reingefüllt. Und jetzt habe ich gedacht, mit Euch darüber zu sprechen, ob in den Bechergläsern vielleicht eine Säure oder Lauge enthalten ist?
2. Jan: Rotkohlsaft.
3. Versuchsleiter: Was meint Ihr denn, wenn Ihr Euch die Sachen so anschaut?
4. Jan: Man könnte da vielleicht Rotkohlsaft zugeben und damit ein bisschen verdünnen. Oder wenn man es verdünnt, könnte man auch so einen Streifen nehmen. Ich weiß jetzt nicht, wie der heißt.
5. Lars: Ja, so einen Papierstreifen, der sich gefärbt hat.
6. Versuchsleiter: Hmmh. Was meinst Du mit dem Rotkohlsaft, Jan?
7. Jan: Ja, mit dem Rotkohlsaft. Da könnte man zum Beispiel 10 Tropfen zugeben. Und, hmmh-. Dann nehme ich vielleicht noch ein bisschen weniger, tropfe das halt da rein-. Wenn sich's rot färbt, ist das eine Säure, wenn blau oder so grünlich oder dazwischen irgendwie, dann ist dann ne Lauge.
8. Versuchsleiter: Lars, was meinst Du dazu? Stimmt das, was der Jan sagt?
9. Lars: Glaub schon.
10. Versuchsleiter: Weißt Du aber nicht mehr so genau?
11. Lars: Nee.
12. Jan: Ja, und wenn ich es verdünne, ein bisschen, dann kann ich auch so einen gelben Streifen reinhalten. Das geht dann vielleicht auch. Aber ich weiß jetzt nicht genau, ob man das verdünnen kann.
13. Versuchsleiter: Okay. Ihr schlagt jetzt vor, mit dem gelben Teststreifen und mit Rotkohlsaft zu testen. Das können wir ja mal ausprobieren.
14. Versuchsleiter: Was wird denn passieren, Lars, wenn die Stoffe in den Gläsern etwas mit einer Säure oder Lauge zu tun haben und Rotkohlsaft hinzugegeben wird?
15. Lars: Dann wird das- . Das ist ja jetzt so blau lila. Dann ist das nicht mehr so blau lila. Dann wird das zu anderen Farben.
16. Versuchsleiter: Kannst Du das noch ein bisschen genauer sagen?
17. Lars: Ich glaube, so blau-grün war Lauge. Und so, hmmh, gelb, war, glaube ich, hmmh, Säure.
18. Versuchsleiter: Könnte man das denn auch feststellen, wenn ihr euch die Stoffe nur anschaut?
19. Jan: Nee, kann man eigentlich so nicht feststellen.
20. Versuchsleiter: Was meinst Du, Lars?
21. Lars: Müsste man testen.
22. Versuchsleiter: Ja, okay. Dann testen wir es aus. Ihr habt ja vorgeschlagen, das man Rotkohlsaft dazu trüpfeln muss. Ihr könnt Euch ja abwechseln.
23. Lars: Es wird so lila. So pink. Ich glaube, das heißt, dass das eine Lauge ist.
24. Versuchsleiter: Hmmh. Was meinst Du Jan?
25. Jan: Es ist auf jeden Fall eine Säure. Weil so rot, pink, so färbt sich eine Säure.

26. Versuchsleiter: Okay. Du meinst Säure, Lars sagt Lauge. Sprechen wir gleich noch einmal drüber.
27. Jan: Nee Lauge, würde ich mal irgendwie sagen.
28. Lars: Ich sag' das auch.
29. Jan: Ich kann ja noch mal ein bisschen mehr dazu tun. Trotzdem würde ich sagen, dass es eine Lauge ist.
30. Versuchsleiter: Okay. Probieren wir das letzte noch aus. Willst Du das noch mal machen Lars? Und nun?
31. Lars: Als wir das mit Meister Propper und so getestet haben, hat man, glaube ich, gar nichts erkannt.
32. Jan: Ja. Ich meine da ist ein ganz klein bisschen rot oder pink.
33. Versuchsleiter: Mmh. Aber überwiegend, würde ich doch sagen, hat sich Farbe des Rotkohlsafts nicht geändert.
34. Jan: Ja, ist lila. Ich würde mal sagen, es ist ne Lauge. Aber das weiß ich nicht.
35. Versuchsleiter: Na ja, aber jetzt schaut mal.
36. Lars: Ich würde sagen, es ist eine Säure.
37. Versuchsleiter: Also, hier habt Ihr mir gesagt-
38. Jan: Eine Säure.
39. Versuchsleiter: So einen roten Farbton. Hier habt Ihr gesagt, es ist grün und auf Lauge getippt. Und was machen wir damit?
40. Lars: Ich würde sagen, dass ist eine Säure.
41. Versuchsleiter: Aber wenn Du Säure meinst, dann müsste es doch gleich oder so ähnlich sein wie in diesem Glas hier, oder?
42. Jan: Im Endeffekt schon. Nicht das gleiche unbedingt. Ich meine, dass kann ja Atta sein und das andere, hmmh, Kuschelweich oder sonst was-
43. Versuchsleiter: Also, Du meinst-
44. Jan: Die Stoffe sind nicht die gleichen.
45. Lars: Es gibt doch verschiedene.
46. Jan: Aber das haben wir doch gerade festgestellt. Wenn ich Rotkohlsaft nehme, dann wird das da ja rot oder pink, und da wird es lila. Dann kann es ja nicht das gleiche sein.
47. Versuchsleiter: Ja. Vielleicht liegt es aber auch daran, dass Du bei dem ein bisschen weniger von dem Rotkohlsaft genommen hast?
48. Jan: Wo? Da? Nee. Das glaube ich nicht.
49. Lars: Es gibt ja ganz viele. Hmmh. Es kann sein, dass alle Spülmittelstoffe, die flüssig sind, dass die, hmmh, alle blau sind oder von mir aus grün. Aber es müssen ja nicht die gleichen Sorten sein. Es kann Pril, Chlor oder so was sein.
50. Versuchsleiter: Hmmh. Also, was meint Ihr?
51. Jan: Ich sag' jetzt einfach Säure.
52. Lars: Ich sage auch Säure. Aber hier- Wenn man, hier-. Da bildet sich jetzt überall so ein bisschen Pinkes da. Weil hier, wenn man hier auch mal geguckt hat, da ist ja auch lila gekommen. Hier ist auch ja so ein bisschen pink.

53. Versuchsleiter: Na gut. Wir können auf jeden Fall festhalten. Hier seid Ihr Euch sicher, dass eine Säure und eine Lauge vorhanden ist. Hier müssten wir aber noch ein bisschen diskutieren.
54. Jan: Ich meine. Das kann ja noch ein anderer Stoff sein. Es gibt ja nicht nur Säuren und Laugen.
55. Versuchsleiter: Okay. Halten wir das mal zurück. Diese weißen Pulver, die in den Bechergläsern drin sind. Sind das jetzt die Säuren und Laugen oder sind Stoffe aus Eurem Alltag, z.B. Attapulver?
56. Jan: Ja, das wäre Attapulver. Das weiße Pulver.
57. Versuchsleiter: Und was ist dann, was ist dann die Säure darin?
58. Jan: Vielleicht ist das ja so, hmmh, dass das Attapulver vielleicht noch viel kleinere Körner hat, und, hmmh, wenn wir da jetzt Rotkohlsaft zutun, verdünnt sich das halt, und. Dieser Rotkohlsaft mit diesen noch kleineren Körnern, dass das dann vielleicht die Säure ist.
59. Lars: Vielleicht kann das ja sein, dass Attapulver, dass das gar nicht die Haut reizt. Also, das, was sauber macht, die Haut reizt. Da ist ja nicht nur das, was sauber macht, da ist ja auch noch anderes Pulver bei. Glaube ich mal.
60. Versuchsleiter: Mmh. Also so etwas wie einen Bestandteil meint Ihr vielleicht Also: Ein Teil ist für die reinigende Wirkung zuständig. Und ein anderer Teil ist beispielsweise,
61. Lars: Riecht.
62. Versuchsleiter: Und woher kommt es, dass sich hier eine Farbe ändert? Wie passiert denn das?
63. Lars: Weil, Säure und Lauge ein Unterschied ist. Eine Lauge reizt ja nicht so die Haut wie Säure.
64. Versuchsleiter: Was meinst Du Jan?
65. Jan: Eine Lauge reizt sie vielleicht auch, aber, hmmh, weiß ich im Moment auch nichts zu.
66. Lars: Ja, die Lauge kann ja auch reizen, aber das die nicht so- Das die vielleicht nicht so stark ist. Das die nicht so stark reizt wie die Säure!
67. Jan: Ich würde mal sagen, weil da andere Stoffe drinne sind.
68. Versuchsleiter: Was meinst Du mit ‚andere Stoffe‘?
69. Jan: Ja, also, na Säure. Vielleicht ist es ja Attapulver, weiß ich ja nicht. Hmmh, dann ist vielleicht in dem Attapulver, könnte ja rein theoretisch sein, dass da, hmmh, wie ich schon gesagt habe, so ganz kleine Teile noch mal drin sind. Ich meine: Manche sind vielleicht zum schonen der Haut, manche sind zum Putzen da, und dann ist da vielleicht noch was anderes drin.
70. Versuchsleiter: Okay. Gut. Vielen Dank ihr Beiden.

Protokoll der Untersuchungssituation „Problemstellung“ mit Marc und Nadja

1. Versuchsleiter: Was meint Ihr, könnte das sein, in den Gläsern?
2. Marc: Das ist, glaube ich, Waschpulver.
3. Versuchsleiter: Kannst es auch ruhig mal in die Hand nehmen, Nadja, wenn Du möchtest.
4. Marc: B sieht aus wie Zucker. Und C wie Puderzucker.
5. Nadja: Das in Glas A ist schon mal kein Waschpulver.
6. Marc: Das ist Waschpulver, das kann man riechen.
7. Nadja: Also, ich rieche nichts.
8. Nadja: Das muss wohl Malzzucker sein. Das muss Waschpulver sein und dass muss-.
9. Versuchsleiter: Riecht denn das überhaupt nach etwas?
10. Marc: Eh, eh. Ich rieche eigentlich nichts. Riecht einfach nur normal.
11. Nadja: Aber erst so tun.
12. Versuchsleiter: Sagt mal: Könnten denn die Stoffe, die wir in den Gläsern haben, auch etwas mit einer Säure oder Lauge zu tun haben?
13. Nadja: Ja.
14. Versuchsleiter: Wie meinst Du das, Nadja? Erzähl doch mal. Würde mich interessieren.
15. Nadja: Hmmh. Weil, wir haben ja mit ein paar Sachen da experimentiert. Ja, wie soll ich das jetzt sagen?
16. Versuchsleiter: Vielleicht kann Dir Marc ja dabei helfen?!
17. Nadja: Ja, hilf mir mal.
18. Marc: Was?
19. Nadja: Du sollst mir helfen!
20. Versuchsleiter: Könnten diese Stoffe mit einer Säure oder Lauge zu tun haben?
21. Marc: Mmh.
22. Nadja: Das muss man ausprobieren.
23. Versuchsleiter: Mmh.
24. Nadja: Kann man jetzt nicht genau sagen.
25. Versuchsleiter: Wie meinst Du das, mit dem Ausprobieren?
26. Nadja: Ja, was wir auch schon in der Uni gemacht haben. Mit, hmmh-. Wie heißt noch mal, hmmh, mit-.
27. Marc: Laugen!
28. Nadja: Mit Kohl oder so?
29. Versuchsleiter: Marc, weißt Du das vielleicht noch?
30. Nadja: Mit dem Kohlsaft da.
31. Marc: Mit dem Kohlsaft. Und dann noch mit Laugen-
32. Versuchsleiter: Ja, aber das ist doch schon mal ziemlich gut. Also, mit diesem Rotkohlsaft.
33. Nadja: Mmh, ja, genau.
34. Versuchsleiter: Und damit könnte ich das heraus finden?
35. Nadja: Ja, weil wir haben es auch ausprobiert.
36. Versuchsleiter: Und weißt Du noch, was dabei passiert ist?

37. Nadja: Ja, da sind verschiedene Farben rausgekommen.
38. Versuchsleiter: Mmh.
39. Nadja: Zum Beispiel so grün. Rot und gelb-grün.
40. Versuchsleiter: Ich habe jetzt mal Rotkohlsaft mitgebracht.
41. Nadja: Hmmh.
42. Marc: Können wir den auch mal trinken?
43. Versuchsleiter: Nee, trinken ist nicht so gut. Wir können ja noch einmal einen Versuch machen, wie wir es auch in dem Projekt gemacht haben.
44. Nadja: Ja, okay.
45. Versuchsleiter: Ihr könnt das am besten zusammen machen.
46. Nadja: Ja, okay. Du musst die Pinzette nehmen, dann drauf drücken, dann zieht das ein.
47. Marc: Dann ein paar Tropfen rein tropfen und dann kann man sehen, welche Farbe daraus wird.
48. Nadja: Das reicht schon.
49. Versuchsleiter: Marc, Du kannst auch ruhig etwas dazu sagen, wenn Du dazu etwas sagen möchtest?
50. Marc: Nee, Ich weiß ja nichts mehr davon
51. Nadja: Löst sich gar nichts auf!
52. Versuchsleiter: Aber eins kann man doch bestimmt erkennen, oder?
53. Nadja: Ja.
54. Marc: Ist jetzt irgendwie rot oder so was geworden.
55. Versuchsleiter: Genau. Könnt Ihr denn jetzt schon etwas näheres zu der Ausgangsfrage sagen?
56. Nadja: Ja.
57. Versuchsleiter: Was meinst Du denn Nadja?
58. Nadja: Hmmh. Also, hmmh, das könnte jetzt Säure oder Lauge sein.
59. Versuchsleiter: Vielleicht hat Marc auch eine Antwort darauf?
60. Marc: Aus dem könnte wohl auch grün werden und aus dem könnte auch orange werden.
61. Versuchsleiter: Okay, dann machen wir jetzt einfach mal weiter.
62. Marc: Das ist pink geworden.
63. Versuchsleiter: Und jetzt, würde ich sagen, tropfen wir den Rotkohlsaft zu den anderen Stoffen auch hinzu.
64. Nadja: Ja, okay. Aber nicht so viel.
65. Marc: Das könnte grün werden, aber es wird lila
66. Versuchsleiter: Und, ändert sich die Farbe?
67. Nadja: Hmmh.
68. Versuchsleiter: Also, ich halte mal das neben das Fläschchen mit Rotkohlsaft.
69. Marc: Sieht aus wie die Farbe, ist nur heller geworden. Vom schütteln.
70. Versuchsleiter: Würde ich auch so sehen, Marc. Und jetzt gebe ich noch mal was in das Glas C. Okay?
71. Marc: Es muss weiches Pulver sein.
72. Nadja: Das wird grün. Das sieht man schon.
73. Nadja: Ich hab' drei verschiedene Farben. Oh Gott.

74. Marc: Eh. Das wird auch wieder von dem Waschpulver, hmmh, von diesem Rotkohlsaft wird das wieder in einer anderen Farbe. Vielleicht wird das auch beim Waschen so, wenn man es in eine Waschmaschine rein tut.
75. Nadja: Also, ich hätte noch eine andere Idee.
76. Versuchsleiter: Das lass mal Deine Idee hören.
77. Nadja: Hmmh, vielleicht auch wegen dem Pulver und so. Weil da andere Stoffe drin sind.
78. Versuchsleiter: Mmh. Was meinst Du mit anderen Stoffen, wenn ich mal fragen darf?
79. Nadja: Hmmh, ja. Lauge und Säure, zum Beispiel.
80. Versuchsleiter: Könntet Ihr denn jetzt sagen, nachdem der Saft hinzugegeben worden ist, ob hier eine Lauge-
81. Marc: Mmh, hier ist eine Lauge bei, dass kann man merken. Weil grün sind ja auch die Blätter von den Bäumen. Und hier könnte ne Lauge bei sein.
82. Versuchsleiter: Was meinst Du Nadja?
83. Nadja: Ich weiß nicht. Ich überlege noch.
84. Versuchsleiter: Hmmh.
85. Marc: Rotkohlsaft gibt immer Geruch.
86. Nadja: Aber ich verstehe nicht, warum sich das nicht auflöst!
87. Versuchsleiter: Warum sich das nicht auflöst?
88. Nadja: Ja.
89. Versuchsleiter: Hmmh, lassen wir das mal. Was meint Ihr jetzt. Könnt Ihr jetzt sagen, ob eine Säure-
90. Marc: Ich weiß es. Hier kann eine Säure, wenigstens eine bei sein. Und hier könnte auch ne Lauge bei sein. Das kann man riechen. Hier riecht es nämlich anders als da. Weil es ja auch andere Stoffe sind.
91. Versuchsleiter: Passt mal auf: Wir sagen jetzt mal, dass hier irgendwo eine Säure bei ist, Jetzt hatte Nadja vorhin gesagt: Das müsste ich mit Rotkohlsaft ausprobieren.
92. Nadja: Ja.
93. Versuchsleiter: Das haben wir ja jetzt gemacht. Wir haben Rotkohlsaft hinzugegeben.
94. Marc: Und hier ist eine Säure drin, das kann man riechen.
95. Nadja: Ja, aber ich weiß jetzt nicht mehr, welche Farben. Ich weiß nicht mehr wo, in welcher, in welchen Farben die Säure und die Lauge drin ist.
96. Versuchsleiter: Haben wir vielleicht noch eine andere Möglichkeit, das zu überprüfen?
97. Nadja: Hmmh.
98. Marc: Ja, man kann mal überprüfen, mmh.
99. Nadja: Ja, mit dem Band.
100. Marc: Ja, mit dem Band kann man's wirklich noch mal überprüfen. Da muss man nur wieder diese, dieses Teil da nehmen.
101. Nadja: Und dann weiß man, wenn was raus kommt, ist es, ne Säure, glaube ich. Und wenn keine Farbe zu sehen ist, ne Lauge?
102. Marc: Mit diesem Teil da aufsaugen und auf dieses Band machen.
103. Versuchsleiter: Hmmh. Passt mal auf. Ich habe das Band auch noch mal mit gebracht.
104. Marc: Ja! Kann ich auch mal machen?

105. Versuchsleiter: Das war das Band hier.
106. Nadja: Ja, ich weiß.
107. Versuchsleiter: Also, damit könnte ich auch überprüfen, ob eine Säure oder Lauge vorhanden ist?
108. Nadja: Ja.
109. Versuchsleiter: Dann macht mal.
110. Marc: Okay.
111. Versuchsleiter: Und passiert etwas?
112. Marc: Das gibt auch einen anderen Geruch!
113. Nadja: Nee.
114. Marc: Willst Du mal riechen?
115. Versuchsleiter: Und, passiert irgend etwas?
116. Marc: Eh, eh.
117. Nadja: Nee, nur das Pulver bleibt da dran.
118. Marc: Und hier wird das wieder so wie das.
119. Nadja: Und hier wird es langsam rot.
120. Marc: Zeig' mal.
121. Nadja: Joh.
122. Marc: Joh. Hier in der Mitte wird es rot.
123. Versuchsleiter: Darf ich mal sehen? Mmh, ein ganz klein bisschen rot. Ich glaube aber, das ist auf dem Papier schon drauf war..
124. Nadja: Ach so.
125. Nadja: Ja, sonst wäre ja der ganze Streifen rot.
126. Versuchsleiter: Na, was meint Ihr?
127. Marc: Ja, ja. Wir können ja noch ein bisschen warten.
128. Nadja: Weiß nicht.
129. Marc: Wir haben eben ja auch ein bisschen gewartet.
130. Versuchsleiter: Sagt mal, kennt Ihr denn noch den Namen einer Säure?
131. Nadja: Hmmh, ja, Zitronensäure.
132. Versuchsleiter: Mmh.
133. Marc: Oder der Baum. Der ist auch mit Säure.
134. Nadja: Ich glaube, ich wüsste noch, ein Apfel vielleicht?
135. Versuchsleiter: Hmmh.
136. Marc: Oder Trauben.
137. Nadja: Ein Saft vielleicht?
138. Versuchsleiter: Also, Äpfel und Trauben. Was haben die mit Säure zu tun?
139. Marc: Eh, das ist glaube ich, so-.
140. Nadja: Das schmeckt man vielleicht auch.
141. Versuchsleiter: Hmmh.
142. Nadja: Ob es sauer ist.
143. Marc: Mmh, lecker.
144. Versuchsleiter: Okay, alles klar. Gut.

Protokoll der Untersuchungssituation ‚Problemstellung‘ mit Sebastian

1. Versuchsleiter: Wie war es in der Schule heute, Sebastian?
2. Sebastian: Ganz gut.
3. Versuchsleiter: Pass mal auf, Sebastian. Hier, in diese Gläser, sind drei weiße Stoffe eingefüllt worden. Jeweils unterschiedliche. Vielleicht schaust Du sie Dir erst mal an. Hast Du eine Vermutung, was das sein könnte?
4. Sebastian: Ja. Das sieht aus wie Waschmittel.
5. Versuchsleiter: Du kannst die Gläser auch mal in die Hand nehmen und dran riechen.
6. Sebastian: Hmmh, ätzend.
7. Versuchsleiter: Nur nicht dran schmecken.
8. Sebastian: Das hier pappt mehr fest als das in Glas A.
9. Versuchsleiter: Das in Glas B?
10. Sebastian: Ja.
11. Sebastian: Und das in Glas C ist ganz locker.
12. Versuchsleiter: Hast Du eine Vermutung, worum es sich bei diesen Stoffen handeln könnte?
13. Sebastian: Ja, also. Das hier in Glas C kann Waschmittel sein.
14. Versuchsleiter: Ja.
15. Sebastian: Und dann in A. Da bin ich mir nicht so ganz sicher, was das ist. Und bei B eigentlich auch nicht.
16. Versuchsleiter: Sehen ähnlich aus.
17. Sebastian: Ja.
18. Versuchsleiter: Sag mal, Sebastian. Könnten diese weißen Stoffe auch etwas mit Säure oder Lauge zu tun haben?
19. Sebastian: Mmh. Könnte sein.
20. Versuchsleiter: Warum hältst Du das für möglich?
21. Sebastian: Hmmh-, Salz ist ja jetzt auch zum Beispiel eine Lauge. Dann könnte eins von denen ja vielleicht auch Salz sein!
22. Versuchsleiter: Hmmh. Weil Salz ein weißes Pulver ist. Habe ich verstanden, wie Du das meinst. Können wir das denn irgendwie sicher herausfinden?
23. Sebastian: Eh. Durch schmecken. Also, wenn man probiert.
24. Versuchsleiter: Wie findest Du das dann heraus, ob da eine Säure oder eine Lauge dabei ist?
25. Sebastian: Ja. Säure ist jetzt so, hmmh, sauer und manchmal schmeckt es auch nicht so gut.
26. Versuchsleiter: Hmmh.
27. Sebastian: Und Lauge ist jetzt so, hmmh
28. Versuchsleiter: Also. Wenn Salz eine Lauge wäre, dann würde es wahrscheinlich salzig schmecken.
29. Sebastian: Ja, genau.
30. Versuchsleiter: Okay. Kann man denn den Stoffen das vielleicht auch ansehen?
31. Sebastian: Das würde schwer sein. Nur, hier das sieht so aus wie Waschmittel. Hmmh, ich muss manchmal meiner Mutter im Keller helfen.

32. Versuchsleiter: Also schmecken. Lassen wir es erst mal dabei. Jetzt ist das natürlich so eine Sache. Vielleicht sind das ja Stoffe, die man nicht schmecken darf. Da muss man ja immer vorsichtig sein.
33. Sebastian: Ja. Könnte so sein. Weil, hmmh. Wenn's hier jetzt zum Beispiel Waschmittel wäre, dann würde das nicht so gut dem Körper bekommen.
34. Versuchsleiter: Am Geschmack erkennen scheidet also aus. Vielleicht eine andere Möglichkeit?
35. Sebastian: Ja. Testen.
36. Versuchsleiter: Wie meinst Du denn das mit dem ‚Testen‘?
37. Sebastian: Wenn man jetzt eine Waschmaschine hätte, dann, von Pulver C vielleicht was dazugeben und dann, hmmh, einfach waschen lassen. Und wenn's dann sauber ist, dann-. Dann wäre es Waschmittel.
38. Versuchsleiter: Mmh. Jetzt habe ich leider keine Waschmaschine mitgebracht. Aber wenn Du jetzt vielleicht noch mal daran Dich erinnerst, wie eine Säure oder Lauge vielleicht noch anders festgestellt werden kann?
39. Sebastian: Eh.
40. Versuchsleiter: Fällt Dir dazu was ein?
41. Sebastian: Nicht mehr. Nee, fällt mir nicht ein.
42. Versuchsleiter: Okay. Kennst Du denn vielleicht noch eine andere Eigenschaft von einer Säure oder einer Lauge?
43. Sebastian: Hmmh.
44. Versuchsleiter: Außer den Geschmack, von dem Du gerade gesprochen hast.
45. Sebastian: Hmmh. Ja, Salz- Aber enthält glaube ich auch Säure.
46. Versuchsleiter: Weißt Du denn noch, was wir zu Säuren und Laugen in dem Projekt gemacht haben?
47. Sebastian: Hmmh.
48. Versuchsleiter: Wenn Du das nicht mehr weißt, ist das überhaupt nicht schlimm.
49. Sebastian: Hmmh, habe ich auch vergessen.
50. Versuchsleiter: Würde es Dir etwas helfen, wenn ich Dir ein Glas mit Rotkohlsäft gebe. Kannst Du damit vielleicht noch etwas anfangen?
51. Sebastian: Hmmh.
52. Versuchsleiter: Kannst Du noch etwas zu diesem Indikatorpapier sagen, was uns bei dem Problem helfen könnte?
53. Sebastian: Da war-, wir haben auch in diesen Bechergläsern, zum Beispiel Waschmittel, mit Rotkohlsäft gemischt, und dann sollten wir so ein Streifen, so einen abgerissenen Streifen da rein halten. Und dann, wenn's eine Farbe von diesen enthält, dann ist das jetzt, eh-.
54. Versuchsleiter: Ja?
55. Sebastian: Ja, ich glaube, dann ist dann Säure enthalten.
56. Versuchsleiter: Also, man kann mit dem Papier einen Test durchführen.
57. Sebastian: Ja.
58. Versuchsleiter: Dann mach doch mal. Und: passiert etwas?
59. Sebastian: Im Moment nicht.

60. Sebastian: Eh, eh. Passiert nichts. Ich glaube, das liegt daran, dass da kein Rotkohlsaft drinne ist.
61. Versuchsleiter: Hmmh. Also müssten wir Rotkohlsaft dazu geben? Können wir ja machen. Okay. Ich gebe den Saft dazu.
62. Sebastian: Hmmh. Das sind, hmmh, ein Prozent
63. Versuchsleiter: Also, es ist deutlich rot geworden.
64. Sebastian: Ja.
65. Versuchsleiter: Hmmh.
66. Sebastian: Und, hmmh. Diese Perlen, die da unten drin sind, sag ich jetzt mal, haben sich nicht aufgelöst.
67. Versuchsleiter: Na ja, so ein bisschen, würde ich sagen, hat sich da was aufgelöst.
68. Sebastian: Ja, die kleineren haben sich aufgelöst.
69. Versuchsleiter: Tja. Und was ist mit der roten Farbe, die entstanden ist. Denn der Rotkohlsaft, der sieht ja eher violett aus. Hilft Dir das bei dem Problem? Säure oder Lauge?
70. Sebastian: Hmmh. Ja, ich glaube jetzt, hmmh, der Rotkohlsaft und dieses Gemisch, das da im Becher C drinne ist, enthält ein Prozent Säure.
71. Versuchsleiter: Also, es enthält Säure, meinst Du.
72. Sebastian: Ja.
73. Versuchsleiter: Und wie kommst Du darauf?
74. Sebastian: Ja, weil das dieser Farbe anpasst, die da drauf ist.
75. Versuchsleiter: Und die rote Farbe zeigt an, dass da-
76. Sebastian: Ja, alle Farben.
77. Versuchsleiter: Und was würde dann Deiner Ansicht nach die 11 bedeuten. Also, wenn das jetzt blau wäre?
78. Sebastian: Hmmh, ja, das da mehr Säure enthalten ist als bei Nummer eins.
79. Versuchsleiter: Okay. Weil die Zahl größer ist, meinst Du.
80. Sebastian: Ja.
81. Versuchsleiter: Na gut. Also, hier sagst Du, Stoff C, ist eine Säure. Wollen wir das bei den anderen auch noch machen?
82. Sebastian: Ja.
83. Versuchsleiter: Und was meinst Du zu dem Ergebnis in Becher A?
84. Sebastian: Ja, das ist in der Farbe geblieben, von dem, hmmh, vom Rotkohlsaft. Und da ist Fett drin. Auf jeden Fall. Das sieht man an den Fettkringelchen da.
85. Versuchsleiter: Und weiter?
86. Sebastian: Ja, enthält, hmmh, mehr Fett als Becher C. Eh, Säure.
87. Versuchsleiter: Mmh. Wäre schön, wenn Du mir noch Deine Begründung nennen könntest.
88. Sebastian: Ja, weil-. Ich schätze mal, Rotkohlsaft enthält sowieso viel Säure. Und wenn dann, hmmh, das hier zugemischt wird, und eh, sich gar nichts verändert, dann bleibt das ja.
89. Versuchsleiter: Und wieso enthält Rotkohlsaft sowieso viel Säure?
90. Sebastian: Hmmh.
91. Versuchsleiter: Also, das hast Du ja gerade vermutet?
92. Sebastian: Ja, das kann ich jetzt nicht sagen.

93. Versuchsleiter: Aber denkst Du Dir so?
94. Sebastian: Ja.
95. Versuchsleiter: Okay. Dann müssen wir ja konsequenterweise das jetzt auch in B machen.
96. Sebastian: Ja, enthält am meisten Säure. Und das hier ist dann auch Waschmittel, glaube ich. Weil sich das grün gefärbt hat.
97. Versuchsleiter: Also, wenn ich Dich jetzt richtig verstanden habe, enthält das Glas C Säure. Weniger-
98. Sebastian: Als in Becher A. Und Becher B enthält am meisten Säure.
99. Versuchsleiter: Okay. Enthält denn auch einer noch Lauge?
100. Sebastian: Hmmh.
101. Versuchsleiter: Oder ist einer von den Stoffen vielleicht auch eine Lauge?
102. Sebastian: Hmmh. Das kann ich nicht so genau sagen.
103. Versuchsleiter: Okay. Dann will ich auch nicht weiter hinterher fragen.
104. Sebastian: Ich schätze, Becher B enthält auch etwas Lauge.
105. Versuchsleiter: Ah, jetzt musst Du mir natürlich noch sagen, warum Du das vermutest??!
106. Sebastian: Weil, als das trocken war, war das noch so ganz fest. Deswegen.
107. Versuchsleiter: Und das feste könnte bedeuten, dass da eine Lauge vorhanden sein könnte.
108. Sebastian: Ja, ich glaube schon. Weil, Salz ist ja auch so fest.
109. Versuchsleiter: Okay. Gut Sebastian. Ich mache jetzt hier mal Stop.

Protokoll der Untersuchungssituation ‚Problemstellung‘ mit Yannick

1. Versuchsleiter: Und zwar habe ich hier drei Gläser, in die mein Kollege jeweils einen weißen Stoff eingefüllt hat.
2. Yannick: Mmh.
3. Versuchsleiter: Hast Du vielleicht eine Ahnung, was das sein könnte? Was das für Stoffe sind?
4. Yannick: Ich glaube, dass A, hmmh, Zucker ist. Weil, das sieht so aus, halt.
5. Versuchsleiter: Kannst auch mal an den Stoffen riechen oder schütteln. Vielleicht kannst Du ja noch etwas weiteres feststellen?
6. Yannick: Dies hier müsste so ein Waschmittel sein, in der Art. Und in C: Gekrümelte Seife oder so was. Sieht so aus.
7. Versuchsleiter: Na, okay. Sag mal, Yannick. Könnten denn die Stoffe auch etwas mit Säure oder Lauge zu tun haben?
8. Yannick: Hmmh. Ich glaube nicht. Nur, hier könnte ein bisschen Säure drin sein oder Lauge. Weil, das ist so ein Waschmittel, wo das dann, hmmh-. Also aus dem Pullover, was, hmmh, das bekämpft das und das wird dann rausgewaschen.
9. Versuchsleiter: Waschmittel bekämpft das?
10. Yannick: Ja, also die Flecken. Und deswegen könnte das Lauge oder Säure sein.
11. Versuchsleiter: Also, weil Laugen oder Säuren etwas bekämpfen können.
12. Yannick: Und in der Seife könnte Lauge sein.
13. Versuchsleiter: Wieso?
14. Yannick: Weil, Seife wäscht die Hände gut. Und Lauge, hmmh, die ist auch so eher schruppig. Also, deswegen könnte da eine Lauge drin sein.
15. Versuchsleiter: Ja, das sind ja schon mal viele Vermutungen, die Du angestellt hast. Jetzt weißt Du ja, dass Chemiker alles immer ganz genau wissen wollen. Wüstest Du denn vielleicht eine genaue Möglichkeit, um herauszufinden, ob die Stoffe etwas mit einer Säure oder Lauge zu tun haben?
16. Yannick: Eh, eh. Das weiß ich nicht, wie man das machen könnte.
17. Versuchsleiter: Weißt Du denn noch, was wir mit Säuren und Laugen in unserem Projekt gemacht haben? Sagt Dir das gar nichts mehr?
18. Yannick: Habe ich nicht mehr in Erinnerung. Nur: Wir hatten so einen Plan und dann sollten wir uns was nehmen, und das mit Rotkohlsaft mischen. Und was es dann für eine Farbe gibt, dahin schreiben.
19. Versuchsleiter: Ach, das ist doch schon mal prima. Und weißt Du denn auch noch, warum wir verschiedene Stoffe mit Rotkohlsaft gemischt haben? Oder hatten wir damit einfach nur Farben machen wollen?
20. Yannick: Nein. Weil, irgendwie ist das so eine Art Farbe und das vermischt sich besser. Also, wenn ich da jetzt Wasser nehmen würde, wäre es, hmmh, die gleiche Farbe geblieben.
21. Versuchsleiter: Hmmh. Wollen wir denn zu diesen Stoffen vielleicht mal Rotkohlsaft hinzugeben und schauen, was passiert? Hättest Du da Lust zu.

22. Yannick: Mmh.
23. Versuchsleiter: Hervorragend. Ich habe nämlich Rotkohlsaft mitgebracht. Dann können wir ja mal schauen, was passiert.
24. Yannick: Wie viel soll ich denn da so reinmachen?
25. Versuchsleiter: Drück' das Bällchen ruhig ganz zusammen und gib' diese Saftmenge dazu.
26. Yannick: Alles?
27. Versuchsleiter: Ja.
28. Yannick: Das merkt man, dass es Seife ist. Das weiß ich noch. Wenn wir Rotkohlsaft zu Seife gegeben haben, dass das grün geworden ist.
29. Versuchsleiter: Bei B haben wir so eine rote Farbe.
30. Yannick: Das weiß ich nicht mehr.
31. Versuchsleiter: Okay. Und bei dem Pulver in Glas A. Was meinst Du dazu?
32. Yannick: So geblieben.
33. Versuchsleiter: So wie der Rotkohlsaft aussah?
34. Yannick: Mmh.
35. Versuchsleiter: Na ja. Jetzt haben wir ja drei verschiedene Farben: Rot, grün und ein violetten Farbton. Kannst Du denn etwas dazu sagen, dass sich die Farben geändert haben?
36. Yannick: Hmmh. Das ist, glaube ich, rot geworden, weil da, hmmh, Lauge drin ist. Und mit Lauge hatten wir doch das, dass das irgendwie rot ist, oder rot wird. Deswegen könnte da eigentlich, glaube ich, Lauge drin. Dies hier ist Seife.
37. Versuchsleiter: Und was könnte das im Glas A sein?
38. Yannick: Na ja. Zucker sieht irgendwie so aus. Hmmh, das ergibt eigentlich gar keine Farbe. Da sind keine besonderen Stoffe drin, die, hmmh, eine andere Farbe bilden. Und hier sind welche drin.
39. Versuchsleiter: Hmmh. Ist ja doch irgendwie komisch, dass wir in den Gläsern auf einmal ganz andere Farben haben, oder?
40. Yannick: Ja, wie ich schon sagte. Weil da so andere Sachen drinne sind. Lauge und Säure und so was. Und hier, hmmh, ja, das schmeckt auch süß. Aber, hmmh, es sieht nicht so aus, als ob da so besondere Stoffe drinne sind.
41. Versuchsleiter: Jetzt hast Du vorhin mal gesagt, dass in dem Glas C Seife drin sei, weil Du Dich daran erinnern konntest, dass Seife zusammen mit Rotkohlsaft eine grüne Farbe gegeben hat.
42. Yannick: Ja.
43. Versuchsleiter: Und dann hast Du auch gesagt, dass das eine Lauge ist. Und jetzt hast Du das bei B-
44. Yannick: Auch ne Lauge. Weil, hmmh, Lauge haben wir irgendwie gehabt, dass das rot wird. Weil, wir hatten das mit solchen kleinen, ja, Papierstreifen, das irgendwie mit so Farben gemacht. Und dann konnte man da irgendwie sehen, dass da Lauge drinne ist oder so.
45. Versuchsleiter: Hmmh. Also haben wir einmal eine grüne Farbe für Lauge und einmal eine rote?
46. Yannick: Mmh. Aber hier ist nicht so viel drin, was ne andere Farbe so gibt.
47. Versuchsleiter: Okay. Dann mache ich hier das wieder raus und das Gläschen wieder zu. Ist denn eigentlich Seife und Lauge für Dich das gleiche?
48. Yannick: Eh, eh.

49. Versuchsleiter: Was ist denn für Dich dann eine Lauge?
50. Yannick: Eine Lauge ist mehr so eine Art was andere Farben herstellt. So ein Gemisch, was so, hmmh, reingeht.
51. Versuchsleiter: Gut. Dann machen wir hier mal Stopp.