

Nina Dunker

Concept Maps im naturwissenschaftlichen Sachunterricht

Didaktische Rekonstruktion am Beispiel des Lerngegenstandes Feuer

Didaktisches Zentrum

#### Dunker, Nina:

#### Concept Maps im naturwissenschaftlichen Sachunterricht

1. Auflage

Oldenburg: Didaktisches Zentrum, 2010

ISBN 978-3-8142-2193-9

ISSN 1617-3139

(Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion, Bd. 26)

© Didaktisches Zentrum der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg Ammerländer Heerstraße 114-118 D-26129 Oldenburg

Tel.: +49-(0)441-798-3033.

Fax: +49-(0)441-798-4900 E-Mail:diz@uni-oldenburg.de

Alle Rechte vorbehalten.

## Inhaltsverzeichnis

| Vorwort |  |  |              |  |
|---------|--|--|--------------|--|
| 1       | Einleitung, Fragestellung und Zielsetzung der Arbeit |  |              |  |
| 2       | Fors 2.1 2.2   | Schungsmethodische Rahmung der Arbeit  Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion                                      | <b>5</b>     |  |
|         |  | struktion  | 7<br>9<br>10 |  |
|         | 2.3  | 2.2.3 Methoden der Fachlichen Klärung - Experteninterviews   | 10<br>11     |  |
| 3       | Leri   | nwirksamkeit des Concept Mappings  | 15           |  |
|         | 3.1  | Fachliche Grundlagen zum Concept Mapping   | 15           |  |
|         |  | 3.1.1 Concept Mapping - eine Begriffsdefinition  | 15           |  |
|         |  | 3.1.2 Unterschiede und Abgrenzung zu anderen Mappingverfahren  | 18           |  |
|         |  | 3.1.3 Zu Grunde liegende Ideen und Theorien zum Concept Mapping  | 19           |  |
|         | 3.2  | Concept Maps im Lehr- und Lernkontext  | 20           |  |
|         |  | 3.2.1 Mappingverfahren als Werkzeuge für das Lernen  | 20           |  |
|         | 3.3  | Bedeutungsvolles Lernen mit Concept Maps   | 20           |  |
|         |  | dungsprozesse  | 23<br>24     |  |
| 4       | Eige   | ene Untersuchungen zur Lernwirksamkeit des Concept Mappings  | 27           |  |
|         | 4.1  | Fragestellung und Annahmen der Untersuchungen  | 27           |  |
|         | 4.2  | Design der Untersuchung zur Lernwirksamkeit des Concept Mappings   | 28           |  |
|         | 4.3  | Beschreibung der Stichprobe  | 29           |  |
|         | 4.4  | Inhalt der Intervention  | 30           |  |
|         |  | 4.4.1 Differenzierte Darstellung der in der Intervention verwendeten Experimente und notwendigen fachlichen Grundlagen | 30           |  |
|         | 4.5  | Erhebungsinstrumente: Verwendete Materialien und Tests   | 34           |  |
|         |  | 4.5.1 Einführung der Methode des Concept Mappings mit Hilfe eines Readers .  | 34           |  |
|         |  | 4.5.2 Der Coloured Progressive Matrices Test nach Raven  | 36           |  |
|         |  | 4.5.3 Der <i>Wissenstest</i>   | 39           |  |
|         | 4.6  | Auswertungsmethodik  | 42           |  |
|         |  | 4.6.1 Auswertungsmethodik  | 42           |  |
|         | 4.7  | Analyse der Daten  | 45           |  |
|         |  | 4.7.1 Wirksamkeit der Methode Concept Mapping  | 45           |  |
|         |  | 4.7.2 Weitere Ergebnisse   | 49           |  |

|   | 8.5    | Gütekriterien der Didaktischen Strukturierung                                      | 143        |
|---|--------|--|------------|
|   | 8.4    |  | 140        |
|   | 8.3    | 5 5 5  | 133        |
|   | 0.2    |  | 130        |
|   |        | e  | 123        |
|   |        | 8.2.1 Konzeptuelle Metaebene - Leitlinien aus der Fachdidaktischen Klärung         | 100        |
|   | 8.2    | Normative Empfehlungen: Leitlinien der Didaktischen Strukturierung                 | 123        |
|   | 0.2    | 8.1.4 Institutionelle Verknüpfung und allgemeine Handlungsprinzipien               |            |
|   |        | 8.1.3 Wissenschaftspropädeutische Grundannahmen                                    |            |
|   |        | 8.1.2 Epistemologische Grundannahmen   |            |
|   |        |  | 111        |
|   | 8.1    |  | 109        |
| 8 |        | <b>-</b>   | 109        |
| 0 | רייים  | aktiooho Strukturiorung  | 100        |
|   | 7.6    | Gütekriterien der fachdidaktischen Klärung   | 106        |
|   |        |  | 101        |
|   | 7.5    | Beschreibung und Interpretation der Ergebnisse zur fachdidaktischen Klärung        | 97         |
|   | 7.4    | Auswertung der Interviews  | 92         |
|   | 7.3    | Beschreibung des Samples   | 92         |
|   | 7.2    | Design und Erhebungsmethodik der Untersuchung zur fachdidaktischen Klärung         | 90         |
|   |        | des Lerngegenstands "Feuer und Verbrennungsprozesse"                               | 89         |
| - | 7.1    | Fragestellung und Annahmen der Untersuchung zur fachdidaktischen Klärung           | J <b>J</b> |
| 7 | Fac    | hdidaktische Klärung des Lerngegenstandes "Feuer" für Grundschüler                 | 89         |
|   | 6.7    | Zur Qualität der Untersuchungsergebnisse   | 85         |
|   | 6.6    | Interpretation und Diskussion der Ergebnisse                                       | 82         |
|   | 6.5    | Ergebnisse der Untersuchung  | 79         |
|   | 6.4    | Analyse der Daten  | 78         |
|   | 6.3    | Wahl der Erhebungsmethode  | 76         |
|   | 6.2    | Beschreibung des Samples   | 76         |
|   | 6.1    | Fragestellung und Annahmen   | 75         |
| 6 | Eige   | ene Erhebungen von Schülervorstellungen zum Lerngegenstand                         | 75         |
|   |        | 5.2.2 Vorstellungen von Grundschulern zu verbrennung und Stollernaltung            | / 1        |
|   |        | <ul><li>5.2.1 Schülervorstellungen zum Thema Verbrennungen</li></ul>               | 69<br>71   |
|   | 5.2    | Schülervorstellungen zum Thema Feuer und Verbrennungsprozesse                      | 69         |
|   | 5.1    | Schülervorstellungen - Theoretischer Rahmen  | 67         |
| 5 |        | ülervorstellungen  | 67         |
| _ | 0 - 1- |  | ~-         |
|   |        | 4.8.3 Concept Maps und Fachbegriffe  | 64         |
|   |        | 4.8.2 Concept Maps und kognitive Leistungen  | 63         |
|   |        | positiv auf den Lernprozess aus  | 61         |
|   | 1.0    | 4.8.1 <i>Networking</i> - Die Tiefe der Vernetzung in einer Concept Map wirkt sich | 01         |
|   | 4.8    | Ergebnisse der Untersuchung - Interpretation                                       | 61         |
|   |        | 4.7.3 Ergebnisse der Prä-Post-Untersuchung   | 50         |

#### **Vorwort**

Basierend auf dem Rahmenmodell der Didaktischen Rekonstruktion verbindet Nina Dunker in ihrer Arbeit ein pädagogisch orientiertes Forschungsinteresse mit einer chemiedidaktischen Fragestellung. Sie erkundet die Lerneffektivität des Concept Mappings als Lehr- und Lernmethode bei Grundschulkindern und bezieht sich dabei inhaltlich auf das Thema Feuer und Verbrennungsprozesse. Die Arbeit ist in drei Teiluntersuchungen gegliedert, die sich (1) mit der Lernwirksamkeit des Concept Mappings, (2) mit Concept Mapping als Forschungsmethode und (3) mit der fachdidaktischen Klärung des Lerngegenstandes Feuer beschäftigen.

Im Modell der Didaktischen Rekonstruktion sind Concept Maps sehr gut geeignet als Erhebungsmethode zur Ermittlung von Schülerperspektiven. Sie können als Offenlegung subjektiver mentaler Modelle angesehen werden, die zeigen, welches Wissenskonzept die Konstrukteurin oder der Konstrukteur der Map vertritt. Das Wissen wird dabei auf wesentliche Begriffe und ihre Relationen beschränkt. Darüber hinaus konnte die Lerneffektivität von Concept Maps in vielen Untersuchungen gezeigt werden. Es fehlen jedoch Studien zur Lerneffektivität von Concept Maps bei Grundschülern. Diese Lücke schließt Nina Dunker mit ihrer eigenen Untersuchung und zeigt auf, dass auch bei Grundschulkindern Concept Maps positive Lerneffekte haben.

Die empirische Basis der Arbeit bildet eine Studie mit 92 Kindern aus vier vierten Grundschulklassen. Mit diesen Kindern wurden Experimente zum Thema Feuer und Verbrennungsprozesse durchgeführt, bei denen experimentell Brandbedingungen und Löschmöglichkeiten vermittelt wurden. Vor der Durchführung des Experimentes hatten die untersuchten Kinder die Möglichkeit, die Methode des Concept Mappings zu üben. Zusätzlich zu den Concept Maps mussten die Schülerinnen und Schüler am Ende der Untersuchung einen Wissenstest zum Themenbereich Feuer und Verbrennungsprozesse bearbeiten.

Ausgehend von den vorliegenden 92 Concept Maps kategorisiert und erläutert Nina Dunker die Alltagsvorstellungen der Schülerinnen und Schüler zum Thema Verbrennung und stellt ihnen in einem zweiten Schritt wissenschaftliche Konzepte gegenüber. Zur fachdidaktische Klärung des Lerngegenstands Feuer für Grundschulkinder wurden leitfadengestützte Interviews mit vier Experten geführt. Wichtige Ergebnisse dieser Experteninterviews werden anhand längerer Interviewausschnitte dargestellt.

Empfehlungen für die didaktische Strukturierung des Unterrichts werden aufbauend auf den eigenen Ergebnissen und angelehnt an lerntheoretische, epistemologische und wissenschaftspropädeutische Grundannahmen entwickelt. Diese Empfehlungen sind in Form von 11 Leitlinien formuliert. Anschließend wird eine so genannte Lernlinie entwickelt, in der konkrete Unterrichtseinheiten und Bausteine zum Lerngegenstand entwickelt werden. Auf die zuvor präsentierten Leitlinien wird dabei systematisch Bezug genommen. Empfehlungen und Bausteine für den Unterricht können dabei sowohl für die Praxis als auch für weitere Forschungsarbeiten wertvolle Anregungen bieten.

Die vorliegende Publikation zeigt ein gelungenes interdisziplinäres Zusammenarbeiten auf. Sie kann sowohl für die pädagogische Forschung als auch für chemiedidaktische Untersuchungen wichtige und weiterführende Möglichkeiten anregen. Darüber hinaus können Lehrerinnen und Lehrer wertvolle Hinweise für ihre Unterrichtspraxis generieren.

Wir wünschen allen Leserinnen und Lesern eine anregende Lektüre.

Barbara Moschner und Ilka Parchmann

# 1 Einleitung, Fragestellung und Zielsetzung der Arbeit

Die Schule von heute soll die Kinder auf die Anforderungen der Gesellschaft von morgen vorbereiten und ihnen notwendige Kompetenzen mit auf den Weg geben. Nicht nur in der Familie haben sich die Strukturen und Anforderungen erheblich geändert sondern in der gesamten Gesellschaft. Wir stehen heute vor der Tatsache, dass wir mit den Errungenschaften und Problemen der Wissens- oder Informationsgesellschaft zurechtkommen und die Kinder in der Schule darauf vorbereiten müssen. Dieses stellt eine Herausforderung für Lehrende¹ und Lernende dar. Demuth (2009) spricht deshalb von einem dynamischen Modell von Bildung, welches auf der Basis solider Wissenfundamente den Erwerb notwendiger Kenntnisse und Fähigkeiten ermöglicht. Entscheidende Voraussetzungen für den Erwerb diese Kompetenzen sind die allgemeinen Bedingungen auf kognitiver und motivationaler Ebene. Deci und Ryan (1993, 2000) formulieren drei grundlegende psychologische Bedürfnisse: Das Bedürfnis nach Autonomie, das Bedürfnis nach Kompetenz und das Bedürfnis nach sozialer Eingebundenheit. Insbesondere durch positive Kompetenzerfahrungen können motivationale Faktoren positiv beeinflusst werden. Eine weitere Bedingung ist die Beherrschung von Methoden und "Werkzeugen", die Lernerfahrungen unterstützen und befördern.

Um Schüler auf eine Welt vorzubereiten, in der es vermehrt darauf ankommt sich selbst Wissensinhalte anzueignen, sollte besonderen Wert auf Lernstrategien gelegt werden, die dazu befähigen Wissen aktiv und selbstgesteuert zu gestalten. Dafür ist es notwendig, dass Lehrende Werkzeuge mitbringen, die Wissensveränderungen ermitteln, beurteilen und kommunizieren können. Diese Kompetenzen sind Grundvoraussetzungen, die an die Schüler weitergegeben werden sollen, damit diese sie sinnvoll und zweckmäßig einzusetzen lernen, um damit ihren eigenen Lernprozess überblicken zu können.

Eine dieser Kompetenzen ist die Visual Literacy. Damit ist die Fähigkeit gemeint, kompetent im Umgang mit bildhaften und graphischen Darstellungen umzugehen. Kinder sollten mit den gängigen Techniken, die die Förderung dieser Kompetenz unterstützen, vertraut gemacht werden. Und dies sollte nicht erst in der Oberstufe oder in der Hochschule passieren, sondern kann im Kleinen schon in der Grundschule zweckmäßig genutzt werden (Stern 2002b). Allerdings reicht es nicht, diese Methoden nur zu kennen sondern wirkliche (Methoden-)Kompetenz kann sich nur in der zweckmäßigen Verwendung und damit im konkreten Handeln äußern.

Concept Mapping ist eine solche Technik. Sie hat in der Grundschule mangels Verbreitung noch keinen Einzug gehalten. Fragt man Grundschullehrer scheint nur das Mind Mapping bekannt zu sein und wird im täglichen Unterricht angewendet. Die Ursache dafür könnte darin liegen, dass das Concept Mapping vor allem noch nicht im Hinblick auf seine Lerneffektivität für Grundschüler geprüft wurde und für viele Grundschullehrkräfte somit uninteressant erscheint. Concept Maps können auch jüngeren Kindern helfen, Wissensstrukturen zu entfalten, sie transparent für

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in dieser Arbeit überwiegend die Form Lehrende / Lernende sowie gelegentlich die männliche Form (Lehrer, Lerner, Schüler, etc.) verwandt - gemeint sind selbstverständlich Menschen aller Geschlechter.

den Lernenden und im Sinne eines Diagnoseinstruments für den Lehrenden zu machen (Novak 1998). Sie fördern Lernprozesse, indem sie im Sinne des vernetzten Denkens wesentliche Bedeutungszusammenhänge darstellen und diese damit kommunizierbar machen, was sich gerade im Hinblick auf die Sprachentwicklung bei Grundschülern positiv auswirken kann (ebd. 1998).

Das Erkenntnisinteresse dieser Forschungsarbeit steht damit zum Einen in der Tradition *empirischer Lehr-Lernforschung* und der Ermittlung von lernförderlichen Aspekten von ausgewählten Lernmethoden wie dem Concept Mapping. Diese werden dann auch im Hinblick auf ihren Nutzen für die Unterstützung und Förderung von methodischen Kompetenzen wie der *Visual Literacy* überprüft.

Die Fragestellung welche sich aus diesem Forschungsinteresse ableiten lässt, kann deshalb wie folgt formuliert werden:

Können Grundschüler mit der Methode des Concept Mapping naturwissenschaftliche Konzepte effizienter lernen als mit nicht-vernetzten Lernmethoden?

Diese Frage wird im ersten Teil der Forschungsarbeit unter zu Hilfenahme quantitativer Methoden untersucht. Die Methode des Concept Mappings stellt hier den Untersuchungsgegenstand dar.

Internationale Vergleichstudien (IGLU-E, TIMSS 2007) konnten zeigen, dass Kinder der Grundschule ein großes Interesse an den Naturwissenschaften sowie naturwissenschaftlichen Fragestellungen und Arbeitsweisen haben (Bos u.a. 2003; Bos u.a. 2008). Der Sachunterricht als integrierendes Fach greift diese Interesse mit seinen naturwissenschaftlichen Bezügen auf, wobei sich in der Praxis an curricularen Formulierungen und Empfehlungen orientiert wird. Diese Empfehlungen sind aber bisher nicht empirisch erhoben, sodass der naturwissenschaftliche Sachunterricht immer wieder in die Diskussion gerät. Dabei vertreten Gegner des strengen naturwissenschaftlichen Sachunterrichts die These, dass exakte Naturwissenschaften mit Grundschulkindern nicht möglich sind, da diese aus entwicklungspsychologischer Sicht nicht in der Lage sind, Erkenntnisse auf submikroskopischer Ebene zu verstehen (Schietzel 1984). Kritiker dieser Position argumentieren, dass fachwissenschaftliche Bezüge durch Exemplarität hergestellt und kindgerecht erklärt werden müssen (Murmann 2007; Nießeler 2007). Diese Argumente bedürfen einer kritischen Differenzierung. Ist es nicht notwendig, geeignete tragfähige und anschlussfähige Konzeptionen für naturwissenschaftlichen Sachunterricht auf Ergebnissen empirischer Studien zu entwickeln, damit sichergestellt ist, dass fachwissenschaftliche Interessen (z.B. der Wahrheitsgehalt) gewahrt werden, indem ein spezieller Lerngegenstand auf seine Bedeutung und fachlichen Gehalt hin elementarisiert wird und trotzdem die Möglichkeiten der Schüler ausgeschöpft werden, sie weder unter- noch überfordert werden, indem an ihren Vorstellungen angeknüpft wird? Das Forschungsmodell der Didaktischen Rekonstruktion fordert genau diese Bezüge ein und sieht die Generierung empirisch begründeter Lernkonzeptionen in Form didaktischer Strukturierungen vor.

Zum Anderen zielt das Forschungsinteresse auf die Beschreibung des Lerngegenstands "Feuer und Verbrennungsprozesse" aus fachlichem Blickwinkel und der Ermittlung der Schülervorstellungen zum Lerngegenstand. Dabei besteht das besondere Interesse in der Ermittlung spezieller Aspekte und Anforderungen an die Lerngruppe Grundschüler. Aufbauend auf fachlichen Empfehlungen für weiterführende Schulformen des Sek. I Bereiches (Freienberg u.a. 2007) wird für die Beschreibung des Lerngegenstandes für Grundschüler im Rahmen dieser Forschungsarbeit die

Expertise von Fachwissenschaftlern und Lehrkräften eingeholt. Die Ermittlung der Lernerperpektive gründet sich dabei auf einer hinreichenden Auswahl an bereits bestehender Forschungsliteratur und wird mit Hilfe von Concept Maps als Forschungsmethode ermittelt und aufeinander bezogen.

Die Forschungsfragen bezüglich dieses Erkenntnisinteresses können wie folgt formuliert werden:

Welche erfahrungsbasierten Anregungen für die Elementarisierung des Lerngegenstandes "Feuer und Verbrennungsprozesse" für Grundschüler können aus Expertenperspektive abgeleitet werden?

Welche Vorstellungen vom Lerngegenstand "Feuer und Verbrennungsprozesse" haben Grundschüler?

Die theoretischen Grundlagen und Bezüge zu bestehenden Forschungsarbeiten leiten in der Niederschrift dieser Forschungsarbeit, entgegen der gängigen Praxis, die jeweiligen Teiluntersuchungen ein und stehen damit als separate Kapitel am Anfang jedes Teils. Die gesamte Forschungsarbeit gliedert sich in drei Teile, in denen die jeweiligen Teiluntersuchungen dargestellt werden. Ergänzt werden diese Darstellungen durch einen Teil, der die Verortung der gesamten Forschungsarbeit ins Rahmenmodell der Didaktischen Rekonstruktion zum Inhalt hat und ein Teil der die Synopsis der Untersuchungen in Form einer Didaktischen Strukturierung darstellt.

Für das gesamte Design der Forschungsarbeit gilt das Kriterium der Viabilität (Brauchbarkeit), was sich auch in der Formulierung der Forschungsfragen andeutet und das Ziel der Untersuchung intendiert. Das heißt, dass die Ergebnisse der Untersuchungen für mögliche unterrichtliche Implikationen verwendet werden sollen. Dies wird in Form einer Didaktischen Strukturierung realisiert werden, welche das "Produkt" der Arbeit darstellt und dabei die Befunde der Teiluntersuchungen miteinander in Beziehung setzt und in Form von normativen Empfehlungen und konkreten Inszenierungsmöglichkeiten am Ende zusammenführt.

# 2 Forschungsmethodische Rahmung der Arbeit

#### 2.1 Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion

Die vorliegende Arbeit ist im Rahmen des Promotionsprogrammes "ProDid" der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg entstanden. Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann u.a. 1996), welches die methodische Grundlage der Forschungsarbeiten in dem Promotionsprogramm liefert, soll in diesem Teil der Arbeit genauer beschrieben werden.

Das Forschungsmodell der Didaktischen Rekonstruktion wurde von Kattmann u.a. (1996) im Bereich der Didaktik der Naturwissenschaften, speziell für die Physik- und Biologiedidaktik, entwickelt. Es wird davon ausgegangen, dass die Gegenstände des Schulunterrichtes nicht vom Wissenschaftsbereich sondern vielmehr mit einer pädagogischen Zielsetzung erstellt werden, also didaktisch rekonstruiert werden. Epistomologische Basis für das Modell der Didaktischen Rekonstruktion ist eine konstruktivistische Position.

Ziel der Didaktischen Rekonstruktion ist es, Unterrichtsgegenstände zu entwickeln, in die die (fach-)wissenschaftlichen Vorstellungen und die Vorstellungen der Schüler einfließen und miteinander in Beziehung gesetzt werden. Dazu gehören beispielsweise die Auseinandersetzung damit, wie bestimmte Ergebnisse in der Wissenschaft gewonnen werden, aber auch fachwissenschaftliche Kontroversen und die Ergebnisse aus Nachbardisziplinen. Um die Bedeutung eines Themas für das Leben des Einzelnen im gesellschaftlichen Kontext zu verdeutlichen, werden die Sachverhalte, Themen und Ideen, die didaktisch rekonstruiert werden, besonders stark in umweltliche, gesellschaftliche und individuale Kontexte eingebettet. Ein so rekonstruierter Gegenstand wird damit nicht vereinfacht, sondern komplexer. Diese Komplexität ist nötig, um ungeeignete Vorstellungen im Kontext des Faches oder der Lebenswirklichkeit zu vermeiden. Das Besondere am Modell der Didaktischen Rekonstruktion ist das Verhältnis von Fachdidaktik als Metawissenschaft innerhalb und im Gegenüber zur Fachwissenschaft. Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion beinhaltet drei entscheidende Komponenten: (1) Die Fachliche Klärung<sup>1</sup> des Unterrichtsgegenstandes, (2) die (auf Vor- bzw. Alltagswissen basierenden) Schülervorstellungen und (3) die Didaktische Strukturierung des Lerngegenstandes.

Die Abbildung des Forschungsparadigmas (vgl. Abb. 2.1) zeigt in ihrem schematischen Dreiecksaufbau auf, wie die didaktische Strukturierung eines Inhaltes auf den Pfeilern von spezieller Fachlicher Klärung und empirisch erhobener Schülervorstellungen basiert aufgebaut werden kann. Ziel der Fachlichen Klärung ist die Einordnung der speziellen Fachbegriffe und ihre konzeptuelle Bedeutung für den Lerngegenstand. Ferner werden bei der Fachlichen Klärung die epistemologischen und ontologischen Ursprünge des Gegenstandes bestimmt und beschrieben, um so zu einer fachlich fundierten Aussage über den Gegenstand zu kommen. Methodisch handelt

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>Im Folgenden werden die speziellen Begriffe **Fachliche Klärung** sowie **Didaktische Strukturierung** immer dann groß geschrieben, wenn sie sich als Eigennamen auf die Inhalte des Modells der Didaktischen Rekonstruktion beziehen. Sollte es sich um eine allgemeine Verwendung der Begriffe handeln, werden diese entsprechend den gängigen Regeln der Grammatik klein geschrieben.

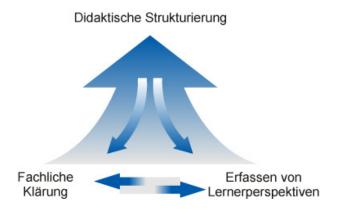


Abbildung 2.1: Modell der Didaktischen Rekonstruktion

es sich bei der Fachlichen Klärung um ein hermeneutisch-analytisches Verfahren, beispielsweise der Literatur- und Dokumentenanalyse oder Experteninterviews. Fachzeitschriften und Fachbücher können als inhaltliche Quellen dienen, die es systematisch zu untersuchen und miteinander in Beziehung zu setzen gilt. Die durch diesen Untersuchungsschritt generierten Aussagen über den aktuelle Stand fachwissenschaftlicher Forschung und des Konsens der "scientific community" zum untersuchten Lerngegenstand dienen als ein Fundament für die Didaktische Strukturierung. Besonders historische Quellen können die Genese eines Lerngegenstandes besonders deutlich widerspiegeln und damit helfen, die Entwicklung nachzuvollziehen (vgl. Driver u.a. 1985).

In einem zweiten Schritt werden die alltagsweltlichen Vorstellungen der Schüler (Schülervorstellungen) erhoben, untersucht und beschrieben. Vorstellungen (engl. *concepts*), ganz allgemein, sind durch die subjektive Grunderfahrung geprägt und werden als gedankliche Prozesse oder Kognitionen (Gropengießer 2003; Kattmann 2005) beschrieben. Das Anknüpfen an diese Vorstellungen dient dazu, die für die Didaktische Strukturierung wichtige Ausgangssituation darzustellen. Das Vorwissen aus den Vorstellungen der Schüler dient neben der Fachlichen Klärung als weiterer Ausgangspunkt für die Überlegungen zur Didaktischen Strukturierung. Warum soll an das Vorwissen der Schüler angeknüpft werden?

Das Vorwissen der Schüler besteht aus einer Vielzahl von zum Teil sehr undifferenzierten Begriffen, die inklusiver und globaler sind als die von Wissenschaftlern (vgl. Driver u.a. 1985). Diese werden ganz im Sinne konstruktivistischer Lerntheorien vom Individuum selbst entwickelt. Je nach Kontext können diese Begriffe auch widersprüchlich verwendet oder auf neue Situationen übertragen werden. Zusammenschlüsse aus Begriffen formen Vorstellungen zu bestimmten Gegenständen, mehrere Vorstellungen werden als Vorwissen bezeichnet. Der Übergang von einer instabilen Vorstellung (V1) zu einer neuen, stabileren Vorstellung (V2) wird im Sinne Piagets als Äquilibration verstanden (vgl. Posner u.a. 1982). Damit wird ein Gleichgewicht von Assimilation<sup>2</sup> und Akkomodation<sup>3</sup> hergestellt. Während die vier Bedingungen für eine Äquilibration klar definiert sind als dissatisfaction, womit die Unzufriedenheit des Lerners gegenüber bestehenden, nicht-tragfähigen Vorstellungen gemeint ist, als intelligible, was sich auf die logische Verständlichkeit von neuen Vorstellungen bezieht, als plausible, was die Plausibilität neuer Vorstellungen

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup>Assimilation wird verstanden als die Einordnung in vorhandene Wissensstrukturen.

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup>Akkomodation wird verstanden als grundlegende Veränderung der vorhandenen Wissensstrukturen.

beinhaltet und als *fruitful*, was sich auf den Erfolg bei der Anwendung einer neuen Vorstellung bezieht, so wird kritisiert, dass die sozialen und affektiven Faktoren des Lernens in diesem Modell häufig nur eine untergeordnete Rolle spielen (Duit 1996; Halldén 1999; Stark 2002). Ebenso wird immer wieder darauf hingewiesen, dass Widerstände gegenüber neuen Vorstellungen auftreten können, wenn alte Vorstellungen besonders tief im Alltagsbewusstsein verankert sind oder eine Vorstellung nicht zu Unzufriedenheit führt. Die generelle Tendenz des Menschen zu wenig Veränderung kann ebenfalls ein Hinderungsgrund für den hier beschriebenen modellhaften Prozesses des *conceptual change* sein. Vor dem Hintergrund von *Conceptual-Change-Ansätzen* wird die Bedeutung des Vorwissens für das Lernen von neuen Inhalten besonders deutlich und zeigt, wie unerlässlich die Einbeziehung des Vorwissens für einen didaktisch strukturierten Prozess ist.

Die Fachliche Klärung und die Analyse von Schülervorstellungen münden im Modell der Didaktischen Rekonstruktion in die Didaktische Strukturierung. Die Didaktische Strukturierung stellt "den Prozess und das Produkt der Gestaltung von Lehr- und Lernsituationen nach ausgewiesenen oder implizit realisierten didaktisch-methodischen Prinzipien, Reflexions- und Handlungsroutinen" (Meyer 2005) dar. Das Prozesshafte in der Didaktischen Strukturierung bezieht sich auf den iterativen Rückbezug auf die Analysen aus Schülervorstellungen und Fachlicher Klärung. Aus diesem Prozess entsteht das Produkt Didaktische Strukturierung, was sich durch einen hohen Unterrichtsbezug auszeichnet. Ziel- und Methodenentscheidungen sind dabei verallgemeinerbar und nicht situationsabhängig (ebd.).

Die Didaktische Strukturierung ist durch drei Ebenen charakterisiert (nach Meyer 2005):

- 1. Die *Handlungsebene*, die sich auf die unmittelbare Gestaltung oder Inszenierung von Lehr-Lernprozessen bezieht,
- die Vor- und Nachbereitungsebene, die sich auf die Reflexions- und Gestaltungsanteile bezieht,
- 3. die *Meta-Ebene*, die sich auf Klärung von Voraussetzungen und die daraus folgende Konzeptentwicklung bezieht.

Der Prozess der Strukturierung stellt die Synthese im Modell der Didaktischen Rekonstruktion dar. Eine entscheidende Forderung, die diesen Prozess begleitet, ist die Forderung nach Adaption des Unterrichts an Lernstrukturen von Schülern (Baereswyl u.a. 2002), wobei die o.g. Verallgemeinerbarkeit und Situationsunabhängigkeit weiterhin gegeben sein soll. Adaption an Lernstrukturen der Schüler kann über den Prozess der Abduktion geschehen. Dieser ist kennzeichnend für den Prozess der Strukturierung, indem er Inhaltsanalysen und empirische Untersuchungen in einer neuen (Re-)Konstruktion zusammen bringt. Die Dynamik des Forschungsprozesses ist also zentraler Aspekt im Modell der Didaktischen Rekonstruktion.

# 2.2 Einordnung des Forschungsvorhabens in das Modell der Didaktischen Rekonstruktion

Die vorliegende Untersuchung zielt in diesem Forschungskontext auf die Beantwortung zweier übergeordneter Forschungsfragen:

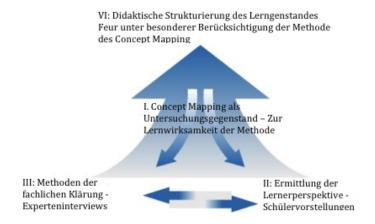
1. Können Grundschüler mit der Methode des Concept Mappings effizienter lernen als mit anderen, nicht-vernetzten Methoden?

2. Wie muss der fachliche Themenbereich Feuer und Verbrennungsprozesse für den naturwissenschaftlichen (Sach-)Unterricht strukturiert werden, damit er bedeutungsvolles Lernen unterstützt und fördert?

Durch die Verortung der Untersuchung im Forschungsparadigma des Modells der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann u.a. 1997) ist für das Erhebungsdesign eine Rahmung vorgegeben. Es bezieht sich auf die iterative "In-Beziehung-Setzung" von:

- der (fach-)didaktischen Klärung des Untersuchungsgegenstandes / des (Lern-) Gegenstandes
- den zu erhebenden Schülervorstellungen zum (Lern-)Gegenstand und
- der Didaktischen Strukturierung dieses Zusammenhanges, die das Ziel des Forschungsprozesses darstellt.

Die skizzierten Untersuchungsschritte des Forschungsparadigmas der Didaktischen Rekonstruktion können im Hinblick auf das hier vorgestellte Untersuchungsvorhaben wie folgt visualisiert werden (vgl. Abb. 2.2). Dabei wurden die Teiluntersuchungen den Kapiteln der vorliegenden Arbeit zugeordnet.



**Abbildung 2.2:** Untersuchungsdesign, eingebettet in das Forschungsmodell der Didaktischen Rekonstruktion

Die Graphik verdeutlicht den Einfluss aller drei Aspekte - Schülervorstellungen und Implikationen der Experten sowie die Ergebnisse aus den Untersuchungen der Lernmethode - auf die Didaktische Strukturierung. Das Modell unterstützt in besonderer Weise den iterativen Forschungsprozess, der in dieser Arbeit notwendig war, um zu einer allgemeinen Aussage des Lerngegenstand zu kommen. Die Didaktische Strukturierung stellt das Produkt der Forschungsarbeit dar.

Ein Schwerpunkt der Untersuchung liegt in der Ermittlung der Lernwirksamkeit der Methode des Concept Mappings. Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion sieht explizit keine Hervorstellung einer bestimmten Lernmethode vor, sondern fokussiert auf die Ermittlung von Schüler- und Fachvorstellungen. Da die Methode in diesem Fall aber mit dem Lerninhalt in Beziehung gesetzt wird und dieses nicht nur als Rahmen sondern als zentraler Bestandteil des Inhaltes Feuer und

dem Erlernen zentraler Schlüsselbegriffe für dieses Sachgebiet dient, stellt die (Lern-)Methode den Fokus der Untersuchung dar. Die (Re-)Konstruktion des Gegenstandes wird in diesem Fall eng mit der speziellen (Lern-)Methode verknüpft, wobei sie als besonderer fachdidaktischer Anteil am Lerngegenstand gesehen wird. Dieser Teil der Untersuchung wird in Kapitel 3 vorgestellt.

Das Anliegen dieser Arbeit war es ferner, die Elemetarisierung des Lerngegenstandes - in diesem Fall *Feuer und Verbrennungsprozesse* - für den Grundschulunterricht vorzunehmen. Dazu wurden Experten interviewt, wodurch die Fachliche Klärung des Lerngegenstandes gewährleistet werden soll, um sie für die Didaktische Strukturierung des Themas nutzbar zu machen. Die Untersuchungen und ein detaillierter methodischer Begründungsrahmen zu diesem Teil der Arbeit werden in Kapitel 7 beschrieben.

Die vorunterrichtlichen Vorstellungen der Schüler zum Thema Feuer wurden mit Hilfe von Concept Maps erhoben und in einem iterativen Prozess auf die fachlichen Vorstellungen und Implikationen bezogen. Eine ausführliche Darstellungen der Untersuchung, ihre spezifischen Methoden und Ergebnissen findet sich in Kapitel 5 wieder. Die beiden qualitativen Untersuchungsteile zu Schülervorstellungen und Fachlicher Klärung beziehen sich beide auf den Sachgegenstand Feuer. Die zugrunde liegenden naturwissenschaftlichen Theorien und Vorstellungen werden hier eingebunden und stellen die fachliche Grundlage für die Didaktische Strukturierung dar. Die Ergebnisse aus den Untersuchungen zur Methode des Concept Mappings ergeben die methodische Basis für die Didaktische Strukurierung. Die Implikationen und die Konzeption der Didaktischen Strukturierung werden in Kapitel 8 vorgestellt. Hier werden die themenspezifischen und lernorientierten Elemente, die sowohl empirisch wie auch theoretisch abgeleitet wurden, in einer verallgemeinerbaren Ziel-, Inhalts- und Methodenentscheidung zusammengefasst. Die empirische Untersuchung und der besondere Fokus dieser Arbeit auf eine (Lern-)Methode soll die Didaktische Strukturierung im Hinblick auf ihre Rolle für den Lerner bereichern und die didaktischen Anteile gegenüber der im Modell vorherrschenden Sachstruktur stärken. Das Vorgehen in der Didaktischen Strukturierung ist ein iteratives. Auf den Sachgegenstand dieser Arbeit bezogen, werden die fachwissenschaftlichen Vorstellungen mit den Schülervorstellungen zu unterschiedlichen Zeiten im kontrastierenden Vergleich in Beziehung gesetzt und im Hinblick auf die Ergebnisse aus der Untersuchung der Lernmethode diskutiert. In die Didaktische Strukturierung fließen dann die Erkenntnisse aus allen drei untersuchten Teilgebieten ein und werden dort für die Findung von Leitlinien und Unterrichtselementen genutzt.

In den folgenden Abschnitten sollen die einzelnen Untersuchungsteile in ihrer Beziehung zum Modell der Didaktischen Rekonstruktion und ihrer speziellen Forschungsmethodik kurz vorgestellt werden.

#### 2.2.1 Concept Mapping als Untersuchungsgegenstand

Ein Untersuchungsschritt der vorliegenden Forschungsarbeit befasst sich mit der Erhebung von Daten zur Lerneffektivität des Concept Mappings, bezogen auf das spezielle naturwissenschaftliche Thema *Feuer und Verbrennungsprozesse*. Dies wird im Folgenden skizziert dargestellt und im Anschluss an die Auswertung detaillierter erläutert.

Das Concept Mapping stellt in diesem Untersuchungsschritt - im Gegensatz zu den bereits geschilderten - den Untersuchungs*gegenstand* dar. Um die Lerneffektivität einer Methode zu ermitteln, ist es notwendig, dass eine Vergleichsmethode gewählt wird, die sich in einer speziellen, auf

den Fokus der Untersuchung zielenden Weise, unterscheidet. Da basierend auf Forschungsergebnissen angenommen werden kann, dass sich Concept Maps aufgrund ihrer Vernetztheit als lerneffektiv erweisen (Bernd u. a. 2000), wurde die Stichwortliste als verwandte<sup>4</sup>, nicht-vernetzende Methode zum Vergleich gewählt. Stichwortlisten haben linearen Charakter, basieren wie das Concept Mapping auf der Darstellung von Schlüsselbegriffen (engl. Keywords) und stellen im Hinblick auf die Auswertungsmethodik ein äquivalentes Medium der Wissensabbildung dar. Um die Effizienz der vernetzenden Methode des Concept Mappings gegenüber der nicht-vernetzenden Methode der Stichwortliste zu zeigen, wurden die Schüler in zwei etwa leistungshomogene Gruppen aufgeteilt, die jeweils nach einer Intervention zum genannten Unterrichtsgegenstand ihr Wissen mit Hilfe einer der beiden Methoden zusammengefasst und abgebildet haben. Zu einem späteren Zeitpunkt wurden die Ergebnisse beider Gruppen bei einem auf Aussagen basierenden Wissenstest, der sich nur auf die in der Intervention behandelten fachlichen Inhalte bezog, miteinander verglichen und auf die jeweilige Lernmethode abgebildet. Durch die quantitative Auswertung der Daten, die in Kapitel 3 detaillierter dargestellt wird, ergaben sich auch Antworten auf die Forschungsfrage: Können Grundschüler mit der Methode des Concept Mappings effizienter lernen als mit anderen, nicht-vernetzten Methoden?

# 2.2.2 Ermittlung der Lernerperspektive - Concept Maps als Forschungsmethode

Ein weiterer Teil der Arbeit befasst sich mit der Ermittlung, Beschreibung und Analyse von Schülervorstellungen zum Themenbereich *Feuer und Verbrennungsprozesse*. Die Vorstellungen der Lernenden stellen eine kognitive Entität dar und werden häufig als "mentale Idee" beschrieben. Wird von einer konstruktivistischen Annahme von Lernprozessen ausgegangen, kann Lernen als eine Art Modifikation von bereits bestehenden Strukturen beschrieben werden (Schnotz 2001). Dabei wird gemeinhin davon ausgegangen, dass mentale Modelle über so genannte propositionalen (aussagenartigen) Repräsentationen, bestehend aus Symbolen und syntaktischen Regeln, abgebildet werden (Schotz 2001, Edelmann 1997). Die vorunterrichtlichen Schülervorstellungen von 92 zehn- und elfjährigen Grundschülern werden zum genannten Themenbereich mit Hilfe von Concept Maps als Erhebungsmethode ermittelt. Dafür werden die Aussagen, die in den Concept Maps in Form von Propositionen gemacht werden, in Anlehnung an die Qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (1995) ausgewertet. In diesem Kontext stellen die Propositionen die Ebenen der Paraphrasierung dar und können in weiteren Analyseschritten zu Kategorien zusammengefasst werden. Dieser Untersuchungsteil wird ausführlich in Kapitel 5 vorgestellt.

#### 2.2.3 Methoden der Fachlichen Klärung - Experteninterviews

Der (Lern-)Gegenstand "Feuer und Verbrennungsprozesse" wird im Hinblick auf die Didaktische Strukturierung mit Hilfe von Experteninterviews (Meuser 1994, Meuser 1997, Hitzler 1994) fachdidaktisch geklärt. In einem halbstrukturierten Interview werden vier Experten der Fachdidaktik Chemie zu folgenden Aspekten befragt:

- Persönliche Erfahrungen, Schwerpunktsetzung, Schwierigkeiten und Vermittlungsaspekte des Themas Feuer und Verbrennungsprozesse für Grundschüler;
- Identifizieren von Schlüssel- und Problemstellen sowie gängige Schülervorstellungen;

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup>Die Stichwortliste wird hier als verwandte Methode beschrieben, da sie nur mit Schlüsselbegriffen arbeitet, die aber nicht miteinander in Beziehung gesetzt werden.

- Einbeziehen von Schülervorstellungen in diesen Themenbereich;
- Aspekte einer möglichen Didaktischen Strukturierung.

Ein besonderer Vorteil der Methode der Experteninterviews liegt darin, dass die ausgewählten Spezialisten bereits eigene Erfahrungen bei der Entwicklung von Unterrichtskonzepten zu diesem Themenbereich haben und auch die Elementarisierung des Themas für die Arbeit mit Grundschulkindern vorgenommen haben. Im Gegensatz zur im Kontext der Fachlichen Klärung vorzunehmenden Analyse fachwissenschaftlicher und fachdidaktischer Quellen wird in dieser Untersuchung eine Vorgehensweise gewählt, die den Gegenstand deutlich fachdidaktischer (er-)klärt, weshalb auch die Bezeichnung fachdidaktische Klärung verwendet wird. Dieses Vorgehen ist nötig, da die entsprechende Fachwissenschaft Chemie zwar zur Klärung des Lerngegenstandes beigetragen hätte, jedoch im Hinblick auf den speziellen Schwerpunkt der Forschungsfrage - den Bezug auf jüngere Schüler - wenig Erkenntnisse für die Didaktische Strukturierung bietet. Eine detaillierte Beschreibung der Untersuchung wird in Kapitel 7 gegeben.

#### 2.3 Curriculare Rahmenbedingungen

Wirtschaft und Bildungsforschung weisen darauf hin, sowohl die allgemeine Interessenförderung bereits in den Gundschuljahren vermehrt zu fördern, als auch die curriculaten Vorgaben für den Grundschulbereich hinsichtlich einer vermehrten Einbindung von naturwissenschaftlichen Inhalten (Lück 1998) zu überarbeiten. Diese Forderung scheint sich in den 2006 erstellten Kerncurricula für die Grundschule (Niedersächsisches Kultusministerium 2006) niedergeschlagen zu haben, indem sich vermehrt naturwissenschftliche Themen aus den Bereichen der unbelebten Natur dort wiederfinden lassen. Entgegen der langläufigen Meinung, dass die Kinder erst mit Erreichen der präoperationalen Phase (Piaget u.a. 1975) in der Lage sind, abstrakte Hintergründe zu erfassen und diese auf neue Probleme anzuwenden, wurde insbesondere darauf hingewiesen, dass gerade Grundschüler empfänglich sind für die Entdeckung und Neugier auf die Welt der Dinge (Erikson 1994). Ebenso wurde immer wieder darauf hingewiesen, dass in den bisherigen Rahmenrichtlinien für das Fach Sachunterricht zwar naturwissenschaftliche Inhalte eine große Rolle spielen, diese aber vermehrt aus dem Bereich der Biologie und weniger aus den Bereichen Physik und Chemie stammen (Möller 2007; Drechsler 1999).

Dies führte gerade in den letzten Jahren zu einer vermehrten Flut von Forschungsaktivitäten, die sich insbesondere damit auseinandersetzen, wie Kinder im Grundschulalter adäquat gefördert werden können, ohne sie dabei zu über- oder unterfordern (Lück 1998, Drechsler u.a. 1999, Möller 2007). Ebenso haben sich zahlreiche Projekte und Schülerlabore der praktischen Interessenförderung von Kindern im Elementarbereich und der Grundschule gewidmet und sich etabliert, wie beispielsweise das *Haus des kleinen Forschers* für den Elementarbereich, das *FehlingLab* in Stuttgart, *KieWi* in Berlin sowie ChemOl in Oldenburg für den Primarbereich.

Mit den Kerncurricula für die Grundschule wurden aber auch die Bildungsinhalte von speziellen Unterrichtsstoffen oder Lerngegenständen, wie z.B. Pflanzen, hin zu Lerninhalte, die auf Kompetenzen zielen, geändert. Dies führt dazu, dass die curricularen Vorgaben für das Fach Sachunterricht sich nun weniger auf Fachthemen beziehen, sondern auf spezielle, dem Fachinhalt immanenten Kompetenzen.

An dieser Stelle werden die curricularen Inhalte für das Fach Sachunterricht im Hinblick auf ihren allgemeinen Wert für die Implikationen dieser Arbeit dargestellt und auf die speziellen fachlichen

Inhalte des Lerngegenstandes "Feuer und Verbrennungsprozeese" hin diskutiert. Dabei beziehen sich alle Aussagen auf die Kerncurricula und Bildungsstandards für das Land Niedersachsen (Kultusministerium Niedersachsen 2007a, 2007b und 2007c), die hier exemplarisch für die Diskussion verwendet werden.

Das 2006 inkraft getretene Kerncurriculum für die Jahrgänge 1 - 4 im Fach Sachunterricht (im Folgenden mit KCSU abgekürzt) stellt deutlich heraus, dass es durch die Beschreibung und Forderung von Ergebnissen des jeweiligen Verfügungs- und Orientierungswissens, welche als Kompetenzen bezeichnet werden, zur Qualitätssicherung und -entwicklung im Bildungswesen beitragen will (Niedersächsisches Kultusministerium 2006:5). Kompetenzen umfassen dabei "Fähigkeiten, Fertigkeiten und Kenntnisse" sowie darüber hinaus "Haltungen, Bereitschaften und Einstellungen" (ebd.:5). Durch zunehmend komplexere Anforderungssituationen sollen diese Kompetenzen überprüft werden können, indem die Schüler beispielsweise auf "vorhandenes Wissen zurückgreifen", "zentrale Zusammenhänge des jeweiligen Sach- bzw. Handlungsbereiches erkennen" oder "beim Handeln verfügbare Kenntnisse, Fähikleiten und Fertigkeiten einsetzen" (ebd.:5). Der Kompetenzerwerb erfolgt kumulativ über die Lernzeiten des Grundschulunterrichts verteilt und erfordert die kontinuierliche Anwendung des Gelernten in verschiedenen Kontexten und neuen Situationen. Strukturell formuliert das KCSU inhaltsbezogene (fachbezogene) und prozessorientierte Kompetenzbereich, welche sich auf die 5 fachlichen Dimensionen Zeit und Geschichte, Gesellschaft und Politik, Raum, Natur und Technik beziehen. Diese sollen nach dem Prinzip der Exemplarität behandelt werden und werden durch die prozessorientierten Kompetenzbereiche vervollständigt. Diese beziehen sich auf Erkenntnisgewinnung, Urteilen und Handeln in Kontexten, Lernstrategien und Kommunikation (ebd:10). Im Hinblick auf die Inhalte dieser Arbeit stellt der Inhaltsbereich Natur und Naturwissenschaften den Fokus dar und soll im Folgenden genauer beschrieben und diskutiert werden.

Der Inhaltsbereich *Natur* fordert die Auseinandersetzung mit Naturphänomenen, wobei die Schüler an "*erste grundlegende Inhalte und Erkenntnisverfahren herangeführt werden sollen"* (ebd.:12). Die "*kindlichen Erklärungsansätze sollen [dabei] schrittweise um naturwissenschaftliche erweitert werden"*. Dieser Anspruch erscheint zunächst recht einfach erfüllbar, birgt aber in seiner Komplexität und Tiefe der Formulierung deutliche (fachliche) Probleme. Zum einen wird unterstellt, dass die kindlichen Erklärungsansätze nicht den "konventionellen", naturwissenschaftlichen entsprechen würden und zum anderen können bereits einfache Naturphänomene, wie z.B. ein farbiger Regenbogen, auch für Fachwissenschaftler im Hinblick auf Erkenntnisverfahren (Farbigkeit) eine deutliche Herausforderung darstellen. Eine Erklärung hinsichtlich einer Übertragung auf andere Phänomene im Sinne einer Voraussage ist prinzpiell möglich (man kann das Prinzip der regenbogenartigen Farbwahrnehmung auch bei Seifenblasen und Benzinpfützen beobachten und voraussagen), eine Erklärung wie die Farbe zustande kommt, warum sie sich gerade in dieser Reihenfolge zusammensetzt und wieso das menschliche Auge die Farbe erfassen kann, bleibt hingegen spekulativ oder stark deskriptiv, sofern man nicht mit den Theorien der Physik vertraut ist.

Hier offenbart sich ein wesentliches Problem der bestehenden Kerncurricula hinsichtlich eines aus fachwissenschaftlicher Sicht sehr gehobenem Anspruch, welcher im Sachunterricht der Grundschule aufgrund von geeigneten Erkenntnisverfahren (Messinstrumente, Vorwissen, etc.) als auch durch eine geeignete Vorstellung der Schüler auf modellhafter Ebene bisher nicht realisierbar ist. Desweiteren wird in den KCSU gefordert, dass die Schüler eine "tragfähige Grundlage für naturwissenschaftliches Denken erlangen" sollen, welche durch den Aufbau einer "Fragehaltung, dem

Bilden von Hypothesen, dem Identifizieren eines Problems sowie der Entwicklung von Problemlösekompetenz<sup>5</sup>" gekennzeichnet sind (ebd.:13). Ebenso wird die Rückführung von Naturphänomenen auf deren biologische, chemische und physikalische Gesetzmäßigkeiten im Sachunterricht gefordert (ebd.:13). Dies erscheint ein besonders kritischer Aspekt zu sein. Was im Sachunterricht der Grundschule aber besonders im Hinblick auf Vorwissen der Schüler und die Möglichkeit des Einsatzes von geeigneten Modellen überhaupt leistbar ist, bedarf noch besonderer Klärung.

Der Inhalt "Feuer und Verbrennungsprozesse" stellt eine erwartete Kompetenz der Schüler am Ende von Klasse 4 dar und wird wie folgt formuliert: " Die Schülerinnen und Schüler können die Veränderungen von ausgewählten Stoffen durch Verbrennung erkennen und erläutern." (ebd.:25). Ebenso sollen die Schüler "die Bedinungen für den Verbrennungsvorgang (Branddreieck) kennen und Brandschutzmaßnahmen daraus ableiten".

Aus fachlicher Perspektive stellen sich angesichts solcher Formulierungen in den rechtlichen Grundlagen für Unterricht viele Fragen: Aus fachlicher Sicht verändern sich Stoffe durch Verbrennung nicht; da die Fachwissenschaften hier gemeinhin zwischen der stofflichen Ebene der Betrachtung und der Teilchenebene (submikroskopische Ebene) unterscheiden, bleibt zu vermuten, dass in dieser Formulierung nur die stoffliche Ebene gemeint ist. Dies würde implizieren, dass die Schüler lediglich erkennen und erläutern, dass beispielsweise Holz zu Holzkohle verbrennt. Im Hinblick auf die bereits erläuterten zu erwerbenden naturwissenschaftlichen Erklärungsansätze scheint diese zu erwerbende Kompetenz doch recht rudimentär. Der naturwissenschaftliche Erklärungsansatz müsste m.E. auch auf der submikroskopischen Ebene angebahnt werden, da nur so die Bedingungen für ein Feuer adäquat erklärt werden können. Ebenfalls stellt die ausschließlich auf stofflicher Ebene basierende Erklärung für Schüler kein Wissen dar, welches in anderen Kontexten nützlich sein könnte. Es bleibt die Frage, was sollen die Schüler hier fachlich wirklich lernen?

Es wäre möglich, dass das Problem in einer vermeintlichen Reduzierung von fachlichen Inhalten zu finden ist. Bewusst wurde in den rechtlichen Grundlagen auf Erklärungsansätze auf submikroskopischer Ebene verzichtet, um eine mögliche Überforderung der Schüler zu vermeiden. Dies erscheint nachvollziehbar, führt aber in der Konsequenz dazu, dass ein wesentlicher Bestandteil der naturwissenschaftlichen Denkweise und ihrer Erklärungsansätze ausgespart wird. Etwas überspitzt könnte man sagen, dass hier Naturwissenschaften ohne naturwissenschaftliches Denken stattfinden soll. Es stellt sich die Frage, ob durch diese Aussparung überhaupt eine "Grundlage für naturwissenschaftliches Denken" geschaffen werden kann oder ob man Schüler durch bewusstes Vorenthalten von fachspezifischen Denkweisen nicht verwirrt oder gar unterfordert? In dieser Hinsicht stellt der fachdidaktische Diskurs kontroverse Argumentationen zur Verfügung (Schietzel 1984; Möller 2007; Schollum u.a. 1982; Skamp 1998)

Insgesamt können die curricularen Vorgaben für die Grundschule im Bereich des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts als sehr anspruchsvoll im Hinblick auf allgemeine Forderungen nach Erkenntnissen und Wissen, welches es zu erwerben gilt, beschrieben werden; dem entgegen steht das konkrete Themen "Feuer und Verbrennungsprozesse" aus dem Inhaltsbereich *Natur*, welche aus fachlicher Perspektive ein äußerst reduziertes Anspruchsniveau aufweisen und dabei wichtige fachliche Grundlagen wie z.B. die Denk- und Unterscheidungsebene auf submikroskopischer Ebene und die wichtige Rolle des Denkens in bzw. mit modellhaften Vorstellungen, aussparen. Es fehlt demnach eine geeignete (fachlich anspruchsvolle) Elementarisierung des Lerngegenstandes

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup>Problemlösekompetenz wird hier als grundlegende prozessorientierte Kenntnisse und Fertigkeiten beschrieben

"Feuer und Verbrennungsprozesse" für den Sachunterricht der Grundschule bezogen auf die zu erwerbenden Kompetenzen sowie konkrete Möglichkeiten der Umsetzung. Dieser Forderung soll mit dieser Arbeit nachgekommen werden.

### 3 Lernwirksamkeit des Concept Mappings

In diesem Kapitel wird eine von drei Teiluntersuchungen der Arbeit vorgestellt und diskutiert. Zunächst wird die Methode des Concept Mappings fachlich geklärt und mit den aktuellen wissenschaftlichen Bezugstheorien in Beziehung gesetzt. Dabei sollen sowohl historische und curriculare als auch lehr-lerntheoretische Aspekte dargestellt und im Hinblick auf ihren Gehalt für unterrichtliche Prozesse hin diskutiert werden. Im Anschluss folgt die Explikation der eigenen Untersuchungen zum Concept Mapping.

#### 3.1 Fachliche Grundlagen zum Concept Mapping

Der Begriff und die Tätigkeit des Concept Mappings werden je nach Schwerpunkt unterschiedlich definiert und je nach Quelle ergeben sich unterschiedliche Auslegungen darüber, was Concept Maps ausmacht. Um genau darzulegen, was hier unter Concept Mapping verstanden wird, wird im Folgenden ein kurzer Überblick über die Entstehung und zu Grunde liegende Traditionsgeschichte gegeben und schließlich beschrieben, von welchen anderen Mappingverfahren es sich abgrenzt. Es wird ebenfalls erläutert, welche speziellen Untersuchungen sich bereits mit der Lernwirksamkeit von Concept Maps beschäftigt haben, um vor diesem Hintergrund die eigenen Untersuchungen darzustellen.

#### 3.1.1 Concept Mapping - eine Begriffsdefinition

Der Begriff Concept Map und der damit verbundene Tätigkeitsbegriff Concept Mapping sind anglo-amerikanischen Ursprungs. Etymologisch ist das Wort *concept* auf das Lateinische Wort *conceptus* zurückzuführen. Eng verwandt ist das Verb *concipere*, welches erkennen, begreifen oder verstehen bedeutet. Der englische Begriff *concept* bedeutet *Begriff, Begrifflichkeit, Idee*, aber auch *Konzept* oder *Auffassung. Map* bedeutet *Abbildung* oder *Karte*. Eine *Concept Map* könnte man demnach mit *Begriffslandkarte* oder *Konzeptkarte* ins Deutsche übersetzen. Der lateinische Ursprung des Wortes deutet bereits die Einsicht, die mit der Bezeichnung einhergeht, an - eine Begriffskarte kann demnach nur über einen Sachverhalt erstellt werden, wenn die Begriffe eindeutig sind, "erkannt" und "begriffen" wurden.

Das Concept Mapping bezeichnet eine Technik, Wissensinhalte in einer graphischen Darstellung abzubilden (Zaus 2000). Zu einem Oberbegriff oder um einen Schlüsselbegriff herum werden dabei Begriffe hierarchisch oder netzwerkartig zusammengestellt. Begriffe werden dabei mit beschrifteten Pfeilen zu einer so genannten Proposition verbunden. Eine Proposition besteht demnach aus zwei Begriffen und einer bedeutungstragenden Relation. Schlüsselbegriffe werden auch als Knoten und Pfeile als gerichtete Kanten beschrieben (Zaus 2000). Abbildung 3.1 veranschaulicht diese Art der Darstellung.

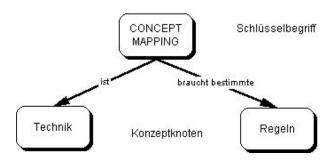


Abbildung 3.1: Einfache Concept Map

Diese Darstellungsart bietet die Möglichkeit, Begriffe und Begriffsrelationen in ihrer Vernetztheit abzubilden. Deshalb fördert es zwei wichtige Techniken des vernetzten Denkens: das visuelle Denken *Visual Literacy* und das konzeptuelle Denken *Conceptual Literacy*. Das visuelle Denken setzt die Fähigkeit voraus, Sachverhalte und Beziehungen in Form einer graphischen Darstellung auszudrücken. Der Ausdruck kommt dabei mit einem vereinbarten Zeichen- und Symbolvorrat aus. Dieser ist notwendig, damit andere die Darstellung bedeutungsvoll interpretieren können. Das konzeptuelle Denken bezieht sich auf die Fähigkeit, die bedeutungstragenden Begriffe eines Sachverhaltes benennen und die Beziehungen, die zwischen ihnen herrschen, verbalisieren zu können. Für den bedeutungsvollen Wissenserwerb und seine Verarbeitung sind diese zwei Arten des Denkens höchst förderlich (Novak 1984; Zaus 2000; Edelmann 2000).

Dabei können unterschiedliche Repräsentationsarten gewählt werden; die zwei Geläufigsten werden in Abbildung 3.2 und 3.3 exemplarisch dargestellt.

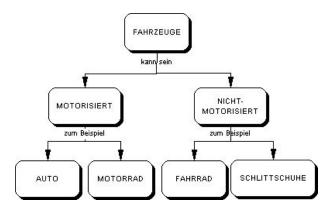


Abbildung 3.2: Hierarchische Anordnung der Begriffe

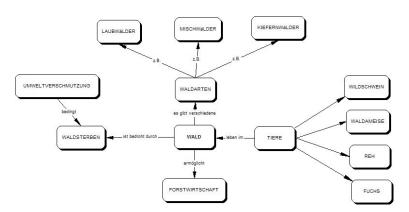


Abbildung 3.3: Clusterartige Anordnung der Begriffe

#### Zur Subjektivität von Concept Maps

Eine Concept Map beinhaltet immer die subjektiven Erkenntnisse desjenigen, der sie erstellt hat. Sie ist damit ein Instrument, subjektive mentale Modelle offen zu legen. Die Darstellung ist zwar durch den vereinbarten Zeichenvorrat bestimmt, sie sieht aber i.d.R. unterschiedlich aus. Dies liegt zum Einen an der subjektiven Erkenntnis eines Sachverhalt, zum Anderen bieten viele Sachverhalte mehrere korrekte Möglichkeiten der Darstellung.

Mit dem Erstellen einer Concept Map arbeitet der Ersteller der Map auch jedes Mal seine eigenen Konzepte erneut durch, d.h. er reflektiert sein Wissen und die Beziehungen zwischen den bedeutungstragenden Elementen. Diese Art der Reflexion fördert auf der Metaebene den eigenen Erkenntnisprozess. Lernen, selbstkonstruiertes Wissen darzustellen und zu reflektieren, nimmt eine Schlüsselrolle beim lebenslangen Lernen ein und kann helfen, den eigenen Lernprozess bewusster zu machen und ihn selbst zu steuern (Dewey 1951, Edelmann 2000).

Einen Wissensbereich zu kartographieren bedeutet auch immer, implizites Wissen, welches nicht immer bewusst ist, auf eine bewusste Ebene zu bringen und durch diese Reflexion neues Wissen in bestehende Konzepte bewusst "einzupassen".

Durch Concept Mapping entstehen Wissenskarten, die zum Einen zeigen, wie das Wissenskonzept desjenigen aussieht, der sie erstellt hat, die aber außerdem dazu dienen können, das konkrete Wissen auszutauschen, indem andere die Karten lesen können. Nun könnte man dem entgegenhalten, dass man doch ebenso einen Text verfassen könnte, der dann von Interessierten gelesen wird und über den sie dann das benötigte Wissen erhalten. Dieser Austausch ist natürlich möglich und spiegelt den Wissensaustausch in unseren Wissenschaften wider. Indem Concept Mapping aber das Wissen auf wesentliche Begriffe samt ihren bedeutsamen Relationen beschränkt, steht dadurch eine wesentlich ökonomischere Methode zur Verfügung, Wissen sichtbar und für andere nutzbar zu machen<sup>1</sup>.

Das Concept Mapping erfährt gerade im Bereich der Wirtschaft einen erheblichen Aufschwung. Hier wird es genutzt, um Wissen für ein Unternehmen nutzbar zu machen, indem es anderen Mitarbeitern zur Verfügung gestellt wird und diese über Mappingtechniken anzulernen. Das explizit gemachte Wissen der Mitarbeiter kann für das Unternehmen ein Wettbewerbsvorteil sein, da es wie Kapital behandelt wird.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>Allerdings bietet ein Text sehr viel eindeutigere, umfangreichere und detailliertere Informationen als eine Concept Map.

#### 3.1.2 Unterschiede und Abgrenzung zu anderen Mappingverfahren

Die Methode des Mind Mapping ist eine verwandte Mappingtechnik, die in vielen Bereichen, besonders im schulischen Kontext, verbreitet ist. Mind Mapping wurde von dem britischen Kognitionspsychologen Tony Buzan Mitte der 60er Jahre entwickelt und erprobt. Auf der Mind Mapping - Homepage der Universität Birmingham werden die Vorteile der Methode folgendermaßen beschrieben:

"Similarly to a road map, a Mind Map will: Give you an overview of a large subject/area. Enable you to plan routes/make choices and let you know where you are going and where you have been. Gather and hold large amounts of data for you. Encourage problem solving by showing you new creative pathways. Enable you to be extremely efficient. Be enjoyable to look at, read, muse over and remember. Attract and hold your eye/brain. Let you see the whole picture and the details at the same time." (Birmingham City University. Students Skills<sup>2</sup>)

Beim Mind Mapping werden assoziative Begriffe einem Hauptkonzept zugeordnet. Die Untergliederung von Begriffen steht dabei deutlich im Vordergrund. Eine eindeutige Verbindungsrelation wird nicht gegeben. Mind Mapping bringt damit den entscheidenden Nachteil mit sich, dass diese Art der Darstellung für andere schlecht lesbar ist, weil der Bedeutungszusammenhang zwischen den verwendeten Begriffen nicht immer eindeutig ist. Damit fällt eine wichtige Funktion der Map, die eindeutige Nachvollziehbarkeit der Beziehungszusammenhänge, unter den Tisch. Der besondere Nutzen von Mind Maps bestehe demnach in der Funktion des Ideensammelns. Es sind Situationen vorstellbar, in denen eine Lerngruppe bestimmte Ideen zu einem Thema sammeln möchte und der Lehrer diese in Form einer Mind Map an der Tafel festhält. Die Lerngruppe kann den Zusammenhang zwischen den Elementen herstellen, ein Außenstehender unter Umständen kaum (vgl. Abbildung 3.4).

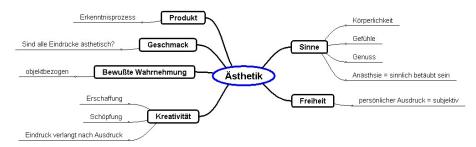


Abbildung 3.4: Beispiel für eine Mind Map.

Bei der Abbildung 3.4 wird deutlich, dass es nur schwer möglich ist, den Bedeutungszusammenhang eindeutig im Sinne des Konstrukteurs nachzuvollziehen. Was bleibt, ist eine Begriffsanordnung. Auch das Prinzip des vernetzten Denkens kommt hier, durch die unklaren Bedeutungszusammenhänge aufgrund undefinierter Relationen, nicht zum Tragen und wird somit auch nicht gefördert.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup>Unter:http://www.ssdd.bcu.ac.uk [Zugriff: 27.03.2009]

# 3.1.3 Zu Grunde liegende Ideen und Theorien zum Concept Mapping

Concept Maps haben in Amerika seit Mitte der 60er Jahre eine lange Tradition. Sie ermöglichen es, sowohl explizites Wissen zu visualisieren als auch implizites Wissen in explizites umzuwandeln, um es dadurch transparent und nutzbar zu machen (Zaus 2000).

Eine besondere Rolle bei der Verbreitung des Concept Mappings in den USA spielte der Psychologe Joseph Novak. Mit seinem Namen ist die Entwicklung von Concept Mapping und dessen Einsatz in Schulen stark verbunden. In seinem Werk "*Learning how to learn*" von 1984 macht er darauf aufmerksam, dass seine Ideen und Ansätze auf den Theorien John Deweys, Joseph Schwabs und David Ausubels basieren.

Ausubel (1963) unterscheidet vier Dimensionen des Lernens: Auf der einen Seite die sinnvolle oder mechanische, auf der anderen Seite die rezeptive oder entdeckende Seite des Lernens. Sinnvolles Lernen ist gekennzeichnet durch das inhaltliche Lernen eines Stoffes im Sinne einer wirklichen Auseinandersetzung mit dem Lerninhalt und stellt damit die Idee dar, welche auf Novaks Arbeit entscheidenden Einfluss hatte. Sinnvolles Lernen hat aber noch ein weiteres Merkmal: der Lerninhalt wird auf bereits erworbenes Wissen bezogen. Hier wird auch häufig vom geankertem Lernen gesprochen. Bildlich gesehen kann man sich einen großen Anker vorstellen, mit dem das neue Wissen mit dem alten verknüpft wird (vgl. Abbildung 3.5).



**Abbildung 3.5:** Geankertes Lernen (aus: Edelmann 2000)

Die einzelnen Inhalte werden dabei auf verschiedenen hierarchischen Ebenen mit dem Vorwissen verknüpft. Es kann eine untergeordnete, eine übergeordnete oder eine gleichberechtigte Struktur zwischen den Elementen bestehen. Vereinfacht dargestellt: Lernt ein Kind zunächst die Begriffe Apfel, Banane und Mandarine und anschließend den Begriff Obst, dann kann es diesen den bereits gelernten überordnen. Lernt es die Regeln des Fußballspieles und anschließend die Regeln des Handballspieles, so sollten diese Begriffe gleichberechtigt nebeneinander stehen und unter dem Oberbegriff Spielregeln subsumiert werden können.

Besonders David Ausubels Theorie zur "Psychology of Meaningful Verbal Learning" (1963) hatten erheblichen Einfluss auf Novaks Arbeit. In diesem Werk macht Ausubel besonders darauf aufmerksam, wie wichtig das bereits bestehende Wissen für das Lernen von neuen Inhalten ist. Im Epigraph zu seinem 1980 erschienen Werk "Psychologie des Unterrichts" sagt er:

"Wenn wir die ganze Psychologie des Unterrichts auf ein einziges Prinzip reduzie-

ren müßten, würden wir dies sagen: Der wichtigste Faktor, der das Lernen beeinflußt, ist das, was der Lernende bereits weiß. Dies ermitteln Sie, und danach unterrichten Sie Ihre Schüler. "(Ausubel u.a. 1980: Epigraph)

Der wichtigste Faktor bei dem Lernkonzept Ausubels ist das Vorwissen. Ausubel betont, dass die häufigste Form, in der größere Kinder und Erwachsene lernen, die unterordnende ist. In vielen Bereichen verfügt man über ein relatives Allgemeinwissen, sodass neue Informationen leicht damit verknüpft werden können. Mechanisches Lernen ist eine weitere Form des Lernens. Sie zeichnet sich dadurch aus, dass der Inhalt nicht mit Vorwissen verknüpft wird - quasi nicht-assimiliert im Raum steht. Das Auswendiglernen von Vokabeln zählt beispielsweise dazu. Rezeptives Lernen bedeutet, dass dem Lernenden ein relativ vollständiger Lernstoff zur Verfügung gestellt wird - es wird auch als "rote-learning" bezeichnet. Der Lernende soll möglichst nichts entdecken sondern sich vielmehr den Stoff so einprägen, dass er später reproduzierbar wird. Rezeptiv bezieht sich auf die Art der Darstellung, auch ein Vortrag oder ein Text würde unter diese Art der Darstellung fallen. Rezeptives Lernen kann sinnvoll geschehen oder mechanisch. Wenn man sich beispielsweise eine Definition einprägt, dann wäre das rezeptiv-mechanisches Lernen. Entdeckendes Lernen zeichnet sich dadurch aus, dass der Lernende einen Sachverhalt selbst herausfindet, d.h. der Hauptinhalt ist nicht gegeben. Er muss Regeln erkennen und Zusammenhänge herstellen, aus denen er eine allgemeingültige Hypothese ableitet.

#### 3.2 Concept Maps im Lehr- und Lernkontext

#### 3.2.1 Mappingverfahren als Werkzeuge für das Lernen

Mappingverfahren bieten dem Nutzer die Möglichkeit sein Wissen oder seine Assoziationen zu einem Sachgebiet in einer Graphik darzustellen und sie dadurch für andere sichtbar zu machen. Häufig wird von zwei Strategien gesprochen, die durch die Nutzung von Mappingtechniken begünstigt werden (Mandl u.a. 1994).

Zum einen dienen sie als Lehrstrategie, die es ermöglicht, dass ein Lehrender das Fachwissen zu einem bestimmten Sachgebiet einer Lerngruppe auf diese Art zur Verfügung stellt. Man spricht dann auch von einer Expertenmap, die erstellt wurde. Eine Expertenmap hat einerseits das Ziel, dass die Lerngruppe aus ihren Inhalten lernt, sie also durcharbeitet. Zum anderen können die Schüler ihre eigenen Konzepte mit den Konzepten der Expertenmap vergleichen. Als Lehrtechnik bieten Mappingtechniken dem Lehrer die Chance, dass die Schüler ihre Konzepte selber überprüfen, d.h. sie begeben sich auf eigene "Fehlersuche" in ihren Konzepten und haben gleichzeitig die "richtige Version" des Konzeptes im Blick. Mentale Modelle über Sachverhalte können so überprüft und ggf. verbessert werden.

Mappingtechniken können aber auch als Lernstrategien gesehen werden. In diesem Fall erfüllen sie den Zweck, dass der Schüler ein Werkzeug an die Hand bekommt, das es ihm ermöglicht eigene Konzepte zu explizieren.

#### 3.3 Bedeutungsvolles Lernen mit Concept Maps

Bedeutungsvolles Lernen kann man vom so genannten "rote-learning", dem auswendig lernen von Wissensinhalten, unterscheiden. Bedeutungsvoll meint, dass Wissensinhalte in bestehende Strukturen integriert werden und damit in einen bedeutungsvollen Kontext eingebettet und

aus diesem auch wieder abgerufen werden können (Ausubel 1963, Edelmann 2000). "Rotelearning" zeichnet sich besonders durch seinen mechanischen, willkürlichen, wörtlichen und nicht-integrierenden Charakter sowie die damit verbundene geringe Anstrengung, die unternommen werden muss, um neue Konzepte, neues Wissen zu erlangen, da dieses unverbunden mit alten Wissensstrukturen neben alten Strukturen steht, aus. Diese Art des Lernens basiert nicht auf Erfahrungen und stellt somit auch keine affektive Bindung zu Wissensinhalten her. Bedeutungsvolles Lernen zeichnet sich durch einen unwillkürlichen, nicht-wörtlichen, integrierenden Charakter aus (Hoffmann 1986, Wygotsky 1964). Beim bedeutungsvollen Lernen werden die integrierten neuen Wissensinhalte durch konkrete Erfahrungen gewonnen und damit auch affektiv belegt. Neue Wissensinhalte werden mit bereits bestehenden kognitiven Strukturen hierarchisch verknüpft, was eine gewisse Anstrengung erfordert. Für den Lernenden bedeutet das bedeutungsvolle Lernen mehr Anstrengung, da der Prozess eine unbewußte Umstrukturierung der Strukturen und Vorstellungen bedeutet (vgl. hierzu auch Kapitel 5.1, und den Ausführungen zur Conceptual Change Forschung). Die "richtige" Einordnung lässt sich erst in der erneuten Anwendung und Übertragung des Gelernten auf neue Situationen und Problemstellungen ermessen. Alle diese Prozesse sind unbewußt und brauchen adäquate Medien, um diese Prozesse sichtbar zu machen. Novak (1998) beschreibt die durch bedeutungsvolles Lernen gewonnenen Konzepte als

[...] perceived regularity in events or objects, or records of events or objects, designated by a label. (Novak 1998:22)

Begriffe dienen dabei als Label oder Bezeichnung. Damit Begriffe bedeutungsvoll sind, dürfen sie nicht unverbunden stehen, sondern müssen in Konzepte integriert sein. Im allgemeinen werden zwei Begriffsklassen unterschieden: Eigenschafts- und Erklärungsbegriffe (nach Edelmmann 2000).

Eigenschaftsbegriffe stehen für eine Kategorie oder für ein Konzept. Eigenschaftsbegriffe werden gemäß der "klassischen Auffassung" gebildet, indem Objekte in einer Kategorie oder in einem Konzept logisch zusammengefasst werden. In der Prototypentheorie (Eckes 1991, nach Edelmann 2000) wird dieser Ansatz kritisiert. Demnach werden Eigenschaftsbegriffe in Form von so genannten "besten Beispielen" oder "typischen Vertretern" eines Objekts abgespeichert. Weitere Begriffe werden ihrer Ähnlichkeit nach diesem Prototyp zugeordnet. Beide Auffassungen werden im dualistischen Ansatz von Osherson u.a. (1982, nach Edelmann 2000) verbunden. Demnach gibt es einen "Begriffskern", der in der klassischen Theorie mit der logischen Struktur überein geht, und "Identifikationsprozeduren", die den idealen Vertreter einer Kategorie hervorbringen. Erklärungsbegriffe sind deutlich abstrakter und stellen Konstrukte dar, die aus Kategorie und Erklärung bestehen können (Edelmann 2000). "Erklärungsbegriffe machen Aussagen entweder über die Bedingung oder die Auswirkung einer Erscheinung." (Edelmann, 2000, S. 124).

Novak sieht das Concept Mapping als einen Katalysator für bedeutsames Lernen. Concept Mapping führt dazu, dass sowohl dem Lehrenden, als auch dem Lernenden die "key ideas" eines bestimmten Lerngebietes sofort ins Auge springen. Da es nicht unumgänglich ist, dass sich manche Konzepte im Laufe der Arbeit an einer Concept Map ändern oder mit anderen Konzepten in Verbindung treten, empfiehlt Novak deshalb so genannte "rubber maps", also radierbare Karten, anzulegen. Diese Karten lassen es zu, dass Konzeptknoten radiert und anderswo angefügt und verbunden werden. Er begründet dies durch folgende Aussage:

"Reflective thinking is controlled doing, involving a pushing and pulling of concepts, putting them together and separating them again" (Novak 1984:19)

Er macht ferner deutlich, dass Concept Mapping eine hervorragende Methode ist, so genannte "misconceptions" zu offenbaren. Unter "misconceptions" werden solche Konzepte verstanden,

die nicht zwangsläufig falsche, aber fehlerhafte Interpretationen von Konzepten sind. Das Beispiel in Abbildung 3.6 zeigt, dass der Schüler die Phasen des Mondes fälschlicherweise auf dessen Rotation zurückführt.<sup>3</sup>

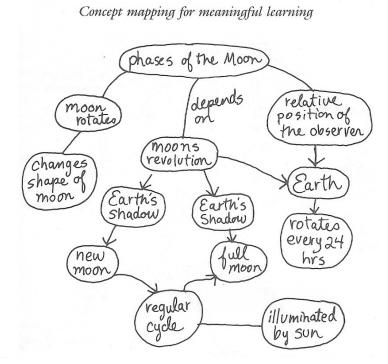


Abbildung 3.6: Concept Map mit "misconception" (entnommen aus Novak (1983):21)

Novak 1983 betont die Wichtigkeit des Austausches über Concept Maps und die damit verbundene Verantwortung, die für das eigene Lernen übernommen wird, wenn man eigene Wissenskonzepte vertreten muss und sie einer kritischen Prüfung durch andere aussetzt. Concept Mapping stellt nach seiner Meinung eine ideale Methode dar, um im schulischen Kontext Wissensinhalte öffentlich zu machen und mit anderen zu diskutieren.

Eine wichtige Einsatzmöglichkeit des Concept Mapping wird in dem Bearbeiten von Text gesehen (Novak u.a. 1984; Bernd u.a. 2000; Fischer 1997). Dabei werden beispielsweise Concept Maps aus Textquellen erstellt. Sowohl Sach- als auch literarische Texte können als Grundlage dienen (Fischer u.a. 2000a). Hier dienen sie der tieferen Verarbeitung des Inhaltes. Außerdem ermöglicht dieser Transfer einer Quelle es dem Schüler den Gedankengang des Autors nachzuvollziehen oder tiefere Einsichten in die Gedankenwelt einer literarischen Person zu erlangen. Eine weitere Einsatzmöglichkeit ist das Nacharbeiten von Feldversuchen und Experimenten. Hier dienen sie dazu, die Erkenntnisse zu strukturieren und den Verlauf des Experiments wiederzugeben.

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup>In Bezug auf Studien zur Schülervorstellungen wird ungerne von "misconceptions" gesprochen, da dies als defizitorientiert gilt. Ein etwas neutralerer Ausdruck ist der der "alternativen Vorstellungen". Im Folgenden wird der englische Ausdruck "misconceptions" zwar weiter verwendet werden, allerdings ist er nicht defizitorientiert gemeint sondern im Sinne alternativer Vorstellungen.

Zu häufig bleiben Schüler orientierungslos, wenn sie ihre Erkenntnisse zusammenfassen oder die Quintessenz herausziehen sollen (Jegede u.a. 1990). Auch im Bereich des Planens und für präsentative Zwecke eignet sich die Methode des Concept Mapping (Zaus 2000).

# 3.3.1 Concept Mapping und bedeutungsvolles Lernen in Bezug auf Begriffsbildungsprozesse

Concept Maps können als Begriffs-(land-)karten beschrieben werden, da sie aus Schlüsselbegriffen und deren Relationen bestehen. Bedeutungsvolles Lernen mit Concept Maps findet dann statt, wenn die verwendeten Begriffe geklärt und eindeutig in Beziehung gesetzt sind. Das setzt voraus, dass die Begriffe auf konzeptueller Ebene mit Inhalt gefüllt sind und durch ihre Beziehung mit anderen Begriffen Bedeutsamkeit erlangen. Um mit Concept Maps bedeutungsvolles Wissen aufzubauen, müssen die verwendeten Begriffe gebildet und konzeptuell bedeutsam erworben worden sein

Im Folgenden wird deshalb der Prozess der bedeutungsvollen Begriffsbildung im Hinblick auf die für diese Arbeit wichtigen Aspekte hin diskutiert.

In seinem Werk Denken: Das Ordnen des Tuns (1981) schreibt Aebli: "Der Begriff ist das Werkzeug, mit dem wir die Wirklichkeit deuten. (S.83). In diesem Zitat schwingt deutlich die Einschränkung mit, die moderne Sprachtheorien aufwerfen: Begriffe bilden zwar ab und stellen dadurch ein Verhältnis zwischen Gegenstand und Betrachter her, sie beinhalten aber auch eine Deutung. Begriffe machen es dem Betrachter möglich, im Nachhinein über einen Gegenstand oder eine Situation zu reflektieren, obwohl das Objekt nicht anwesend ist. Damit ist eine Funktion von Begriffen die Abstraktion und Objektivierung von der konkreten Realität.

Eine weitere Funktion liegt in der Abgrenzung von Objekten. Begriffe machen es dem Betrachter möglich, Dinge und Situationen voneinander zu trennen. Der Prozess der (kindlichen) Begriffsbildung wird in 4 Phasen unterteilt (Hoffmann 1986, S. 20 ff):

- Ein dynamisches Geschehen wird aus dem Strom der Ereignisse herausgehoben, d.h. die Aufmerksamkeit des Kindes richtet sich auf ein bestimmtes Objekt oder Phänomen, welches interessant erscheint.
- 2. Bestimmende Relationen zwischen den beteiligten Erscheinungen werden erkannt,
- 3. isoliert und
- 4. in bestehende Wissensstrukturen integriert.

In den von Hoffmann vorgestellten Phasen lassen sich einige wesentliche Voraussetzungen für die Begriffsbildung erkennen: Eine gewisse Motivation, etwas neues, interessantes "aus dem Strom der Ereignisse" heraus zu entdecken, muss gegeben sein. Die Fähigkeiten, Schlussfolgerungen zu ziehen und Ereignisse zu isolieren müssen ebenfalls ausgebildet sein. Besteht nicht die Möglichkeit zur Beobachtung oder fehlen wichtige Voraussetzungen dafür, so kann die Begriffsbildung nicht stattfinden.

An dieser Stelle soll nicht weiter diskutiert werden, ob Begriffe einen symbolischen Charakter haben und in welchem Ausmaß dieser für die bedeutungsvolle Begriffsbildung von Nöten ist. Lediglich die sprachliche Ebene und ihre Repräsentanz in Form von sprachlich-symbolischen Begriffen stellen für das Arbeiten mit Concept Maps den Bezugsrahmen dar. Deshalb lässt sich festhalten, dass Begriffsbildung auf zwei wesentlichen Pfeilern basiert:

- 1. Begriffe können nur in der handelnden (beobachtbaren) Auseinandersetzung mit konkreten Situationen oder Gegenständen erworben werden
- 2. Begriffe stellen Objektivierungen dar, die z. T. subjektiv geprägt sind und eine Ausschärfung und Abgrenzung ermöglichen. Dazu bedarf es eines kognitiven Prozesses, der neue Begriffe in bereits vorhandene Strukturen integriert.

Für die Arbeit in den Naturwissenschaften stellt sich die Frage nach dem bedeutungsvollen Erwerb von Fachbegriffen und deren Verwendung (Niedersächsisches Kultusministerium 2006; Pfeifer u.a. 2002). Es ist davon auszugehen, dass die allgemeinen Aspekte der Begriffsbildung auch für den Erwerb von Fachbegriffen zutreffen, allerdings stellt die Handlung in konkreten Situationen, das Experimentieren, einen entscheidenden, oftmals vernachlässigten Aspekt dar. Es ist eine notwendige Voraussetzung für bedeutungsvolle Begriffsbildungsprozesse, dass Lernende Verknüpfungen zu bereits gelernten Begriffen - sei es, dass sie diese aus alltagssprachlichen Verwendungen kennen, sei es, dass sie diese bereits mit naturwissenschaftlichen Erkenntnissen assoziieren - herstellen.

#### 3.3.2 Zur Lernwirksamkeit von Concept Maps

Die Lernwirksamkeit von Concept Map kann im Ganzen als recht positiv bewertet werden, obwohl einzelne Studien zu anderen Ergebnissen kommen (Chang u.a. 2002). Jüngst (1995) kommt zu dem Ergebnis, dass die Nutzung von Concept Maps zum Durcharbeiten von Begriffen das Behalten von Wissenselementen besser fördert als das Durcharbeiten von analogen Texten. Dazu hat er eine empirische Untersuchung in Form von 13 Experimenten gemacht. In unterschiedlichen Schulfächern wurde an einer Luxemburger Sekundarstufe überprüft, ob das Lernen mit Concept Maps einen höheren Lernerfolg mit sich bringt als das Arbeiten mit Texten. Die Studie bestätigt die vorangegangene Annahme, dass das Lernen mit Concept Maps das kurzzeitige Behalten von bearbeiteten Begriffen fördert.

Die Studien von Bernd u.a. (2000) zeigen, dass bereits ein messbarer Lerneffekt eintritt, wenn Begriffsnetzdarstellungen zum Überblick über ein bestimmtes Sachgebiet genutzt wurden. Bei einer späteren Begriffswiederholung und ihrer Anwendung konnten deutliche Erfolge verzeichnet werden. Die Untersuchungen von Jegede u.a. (1990) zeigen, dass sich das Arbeiten mit Concept Maps dahingehend positiv auswirkt, dass die Angst vor dem Umgang mit naturwissenschaftlichen Konzepten abnimmt. Dies, so die Autoren, ist maßgeblich dadurch zu erklären, dass die Schüler den Überblick über ein komplexes Sachgebiet behalten und der Gesamtzusammenhang transparent bleibt. Dass Expertenmaps eine fördernde Wirkung hinsichtlich der Strategieanwendung beim problemlösenden Lernen haben, wird von Fischer u.a. (2000a) in einer empirischen Studie im medizinischen Bereich gezeigt. In dieser Studie wurden Expertenmaps für bestimmte Diagnosen erstellt, welche anschließend von einer Probandengruppe genutzt werden konnte, um sie mit der eigenen zu vergleichen. Die Autoren weisen darauf hin, dass gerade das Modell, welches durch die Expertenmap symbolisiert wird, dazu dient, die eigenen Strategien zu prüfen und sich ggf. neue anzueignen. Sie stellten aber ebenfalls fest, dass die größte Wirkung über zwei Medien erreicht wird: Die Expertenmap und ein zusätzlicher Anleitungstext.

Fischer (1997) fand in seiner Untersuchung heraus, dass Lernende mit mehr Vorwissen deutlich stärker von der Verwendung von Mappingtechniken profitieren, als Lernende mit geringerem Vorwissen. Er macht vor allem die Belastung, die mit der Nutzung eines neuen Werkzeuges

einhergeht, für diesen Effekt verantwortlich. Durch die zusätzliche Belastung mit der Mappingtechnik seien die "kognitiven Kapazitäten" der vorwissenärmeren Probanden überfordert. Auch Fischer u.a. (2000b) kommt zu dem Ergebnis, dass Concept Mapping eine höhere Lerneffektivität mit sich bringt als die gängige Stichpunktmethode. Trotz der kleiner ausfallenden Stichprobe von Versuchspersonen konnte diese Tendenz deutlich nachgewiesen werden, sodass die Lernwirksamkeit von Concept Maps in unterschiedlichen Bereichen positiv einzuschätzen ist.

Es steht außer Frage, dass sich der theoretische Rahmen des Concept Mapping über viele Fachrichtungen spannt, welche für die eigenen Untersuchungen zu berücksichtigen sind. Um die Methode des Concept Mappings für den Grundschulunterricht interessant zu machen, fehlen entsprechende Studien zur Lerneffektivität und nicht zuletzt auch Möglichkeiten für den konkreten Einsatz. Die eigenen Untersuchungen sollen klären, inwieweit die Methode auch für Grundschüler im naturwissenschaftlichen Sachunterricht lerneffektiv sein kann und welche notwendigen Aspekte (z.B. in der Art des Lerngegenstandes) beim Einsatz zu berücksichtigen sind. Vor dem hier explizierten theoretischen Hintergrund werden im Folgenden die eigenen Untersuchungen vorgestellt.

### 4 Eigene Untersuchungen zur Lernwirksamkeit des Concept Mappings

#### 4.1 Fragestellung und Annahmen der Untersuchungen

Im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht wird immer wieder von Problemen berichtet, die Schüler mit der Einordnung von abstrakten naturwissenschaftlichen Erkenntnissen in bereits bestehende Wissensstrukturen haben (Rahayu u.a. 1999, Sere 2000). Dabei stehen naturwissenschaftliche Erkenntnisse und Konzepte zum Teil isoliert neben so genannten Alltagskonzepten oder "alternativen Vorstellungen". Diese können jedoch großen Einfluss auf die Interpretation von Beobachtungen im Hinblick auf naturwissenschaftliche Experimente haben und deren Deutung maßgeblich beeinflussen (Prieto u.a. 1992, Andersson 1990, Meheut u.a. 1982). Es stellt sich die Frage, ob vernetzte Lernmethoden helfen können, diese Integration von Konzepten zu fördern. Concept Maps wurden als "metacognitive tools" (Mintzes u.a. 1997) beschrieben, die Schüler durch die visuelle Repräsentation von konzeptuellem Wissen und Bedeutungszusammenhängen zum reflexiven Denken anregen. Der Prozess der Erstellung und Modifizierung einer Concept Map beinhaltet Entscheidungen darüber, wie und in welcher Art Begriffe miteinander in Beziehung stehen, sich bedingen und einander untergeordnet sind. Bei der Konstruktion einer solchen "Wissenslandkarte" (Dunker 2008) sind individuelle Reflexions-, Selbstkontroll- und Bewertungsprozesse notwendig, unterstützen deren Entwicklung und fördern ihren Gebrauch. Dass Concept Mapping das Behalten von Begriffen positiv beeinflussen kann, wurde von Bernd u.a. (2000) nachgewiesen. Auch ein Lernerfolg von Concept Maps hinsichtlich einer langfristigen Etablierung von Überblickswissen über ein Sachgebiet konnte belegt werden (Jüngst 1995). Es wurde sogar ein positiver Effekt von Concept Maps auf die Einstellung von Schülern zu den Naturwissenschaften ausgemacht, da die Methode den Überblick über ein komplexes Sachgebiet transparent und für Schüler somit überschaubar macht (Jegede u.a. 1990). Diese Ergebnisse gelten allerdings nur für ältere Schüler und es steht somit noch aus, ob Gleiches für Grundschüler gelten kann. Ob und inwieweit die Methode des Concept Mappings das Lernen und insbesondere die Vernetzung von Wissensinhalten von Grundschülern bezogen auf vermeintlich abstrakte naturwissenschaftliche Konzepte beeinflussen kann, wird im vorliegenden Teil der Studie untersucht. Dabei stellt die Methode des Concept Mappings den Untersuchungsgegenstand dar.

Die Forschungsfrage dieser Untersuchung wird dementsprechend wie folgt formuliert:

Können Grundschüler mit der Methode des Concept Mapping naturwissenschaftliche Konzepte des Themenbereichs *Feuer und Verbrennungsprozesse* effizienter lernen als mit nichtvernetzten Lernmethoden?<sup>1</sup>

Die Ermittlung der Effizienz einer Lernmethode erfolgte mit Hilfe von untergeordneten Fragestellungen, die in Form von Hypothesen formuliert wurden. Das Design dieser Teiluntersuchung

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>Die Eigenschaften der nicht-vernetzten Methoden werden ausführlicher in Kapitel 4.6 beschrieben.

und die verwendeten Materialien sollen an dieser Stelle der Arbeit noch nicht erläutert werden, sondern folgen in Kapitel 4.2 und Kapitel 4.5. Dennoch soll eine detaillierte Übersicht über die untergeordneten Fragestellungen gegeben werden, um nachvollziehbar zu machen, wie die Effizienz der beiden Lernmethoden ermittelt wurde. In den folgenden Teilen der Arbeit werden sowohl das Untersuchungsdesign als auch die verwendeten Materialien, wie z.B. der "Wissenstest", welcher zum Abschluss der Untersuchung das Gelernte testet, beschrieben.

Die Hypothesen, die zur Klärung der übergeordneten Fragestellung formuliert wurden, lauten:

- Hypothese 1: Probanden, die mit der Methode des Concept Mappings ihr Wissen nach der Intervention zusammengefasst haben, schneiden beim Wissenstest besser ab als die Schüler, die mit der Methode des Stichworteschreibens gearbeitet haben.
- Hypothese 2: Probanden, die in ihren Concept Maps besonders viele Fachbegriffe benutzt haben, schneiden im Wissenstest besser ab, als Probanden, die in ihren Concept Maps wenig Fachbegriffe benutzt haben.
- Hypothese 3: Probanden, die in ihren Stichwortlisten besonders viele Fachbegriffe benutzt haben, schneiden im Wissenstest besser ab, als Probanden der Concept Mapping-Gruppe.<sup>2</sup>
- Hypothese 4: Probanden, die besonders viele "Misconceptions"(Fehlkonzepte) nach der Intervention in ihren Concept Maps dokumentieren, schneiden beim Wissenstest schlechter ab, als Probanden, die wenig Fehlkonzepte haben.
- Hypothese 5: Probanden, deren kognitive Fähigkeiten im oberen Bereich eingeschätzt werden, lernen erfolgreicher mit der Methode des Concept Mappings als Probanden, deren kognitive Fähigkeiten weniger hoch eingeschätzt wurden.
- Hypothese 6: Probanden, die beim Wissenstest besonders gut abgeschnitten haben, vernetzen Begriffe in ihren Concept Maps besonders stark.

# 4.2 Design der Untersuchung zur Lernwirksamkeit des Concept Mappings

An dieser Stelle soll ein kurzer Überblick über das verwendete Design gegeben werden. Schwerpunktmäßig bezieht sich die Darstellung auf die Einordnung der einzelnen Untersuchungsteile ins Gesamtdesign. In den folgenden Kapiteln werden sowohl die Intentionen hinter den verwendeten Materialien als auch deren fachlicher Hintergrund detaillierter dargestellt.

Die Graphik 4.1 zeigt skizzenhaft den Verlauf dieser Teiluntersuchung.

Für die Untersuchung wurden vier vierte Klassen mit insgesamt 92 Schülern ausgewählt (vgl. Beschreibung des Samples in Kapitel 4.3). Alle Schüler der vier Klassen nahmen zu Beginn der Untersuchung am *Coloured Progressive Matrices (CPM) Test* nach Raven (vgl. genaue Beschreibung in Kapitel 4.5) teil, wonach ihre kognitiven Fähigkeiten eingeschätzt werden können. Eine Forschungsfrage bezieht sich auf die Rolle der kognitiven Fähigkeiten für die erfolgreiche Arbeit mit der Methode des Concept Mappings. Der CPM-Test kann diese Hinweise liefern (Schmidtke u.a. 1987).

 $<sup>^2\</sup>mbox{Diese}$  Hypothese wurde als Gegenargument zu Hypothese 2 formuliert.

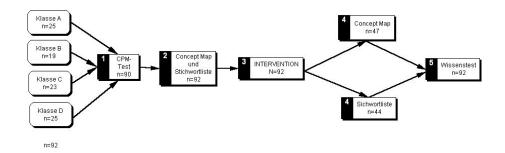


Abbildung 4.1: Schematische Darstellung des Untersuchungsdesigns

Nach der ausführlichen Einführung der Methode des Concept Mappings in den Klassen mit Hilfe eines Readers (vgl. Kapitel 4.5) stellten alle 92 Schüler je eine Stichwortliste<sup>3</sup> und eine Concept Map<sup>4</sup> zum Thema Feuer her. Dieses Material dient der Beschreibung des vorunterrichtlichen Wissens und als Grundlage für die Teiluntersuchung zur Ermittlung der Schülervorstellungen der Probanden (vgl. Kapitel 5). Die Vorbereitungsarbeit in den Klassen umfasste jeweils sechs Unterrichtsstunden.

In der jeweils darauf folgenden Woche fand die Intervention im Schülerlabor CHEMOL an der Carl-von-Ossitzky Universität Oldenburg statt. Dies umfasste fünf Zeitstunden mit jeweils zwei kurzen Pausen. Eine genaue Beschreibung der in der Intervention verwendeten Experimente und den zugrunde liegenden didaktischen Intentionen findet sich in Kapitel 4.4.

Einen Tag nach der Intervention erstellten die Probanden je nach Einteilung entweder eine Stichwortliste<sup>5</sup> oder eine Concept Map<sup>6</sup> her. Die Aufteilung erfolgte in zwei annähernd homogenen Leistungsgruppen (gemäß der Gesamteinschätzung der Lehrer sowie der Sachunterrichtsnoten des letzten Jahres).

Jeweils zwei Wochen nach der Herstellung von STnach und CMnach wurde der Wissenstest durchgeführt. Eine genauere Beschreibung dieses Tests findet sich in Kapitel 4.5.

#### 4.3 Beschreibung der Stichprobe

An der Untersuchung nahmen 92 Schüler, davon 43 Jungen und 49 Mädchen im Alter zwischen 9 und 11 Jahren, aus vier vierten Grundschulklassen aus den Oldenburger Umland teil. Alle Schulen liegen im ländlich geprägten Umland von Oldenburg, sind von mittlerer Größe und haben ein für ländliche Verhältnisse nahes Einzugsgebiet. Die SchülerInnen hatten zum Zeitpunkt der Untersuchung im Unterricht noch keine schulischen Erfahrungen mit naturwissenschaftlichen Experimenten zum Thema Feuer gemacht; alle hatten aber im Rahmen des Deutschunterrichts Texte, die "Feuer" als Thema hatten, behandelt. Das Lernklima in allen vier Klassen kann als aufgeschlossen und interessiert beschrieben werden, was sich sowohl auf die Lernenden als auch auf die Lehrenden bezieht. Die Möglichkeit des selbständigen Erarbeitens von Lerninhalten in Einzel-

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup>Im Folgenden auch mit STvor bezeichnet

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup>Im Folgenden auch mit CMvor bezeichnet

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup>Im Folgenden auch mit STnach bezeichnet

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup>Im Folgenden auch mit CMnach bezeichnet

und Gruppenarbeit war in den Klassen sehr unterschiedlich vorhanden. In zwei Klassen war die eigenständige Erarbeitung von neuen Lerninhalten eher schwierig und wurde von der Lehrkraft selten als Methode eingesetzt. In den anderen Klassen gehörte diese Form des Arbeitens zum täglichen unterrichtlichen Umgang.

Insgesamt standen die Schüler dem Erlernen einer neuen Lernmethode sehr positive gegenüber. Doch wussten alle, dass dieses mit ihrem Besuch im CHEMOL-Labor an der Universität Oldenburg in Verbindung stand.

#### 4.4 Inhalt der Intervention

Im Zuge der vorliegenden Studie wurde der Lerngegenstand *Feuer und Verbrennungsprozesse* für die Anwendung in der Intervention gewählt, da er erfahrungsgemäß sehr motivierend für die Lernenden ist. Dazu wurde der Themenbereich *Feuer und Verbrennungsprozesse* didaktisch reduziert<sup>7</sup> und aufbereitet.

# 4.4.1 Differenzierte Darstellung der in der Intervention verwendeten Experimente und notwendigen fachlichen Grundlagen

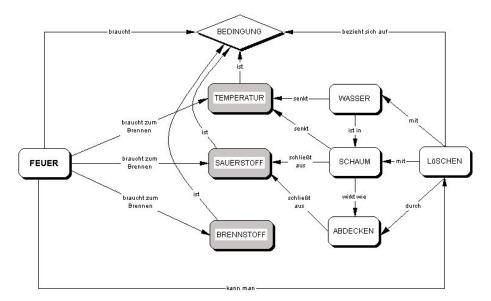
Konzeptueller Hintergrund der in der Intervention bearbeiteten Experimente ist das so genannte "Branddreieck". Folgende Graphik (4.2) zeigt das Zusammenspiel der Brandbedingungen und ihren Transfer auf die Löschmöglichkeiten, wie sie in der Intervention vermittelt werden. Vor dem Hintergrund der in der Graphik dargestellten fachlichen Inhalte werden im Folgenden differenziertere Lernziele formuliert und mit den konkreten Experimenten in Beziehung gesetzt<sup>8</sup>. Die hier formulierten Teillernziele beschränken sich auf die fachlichen Aspekte. Soziale, motorische, etc. Lernziele wurden aufgrund der besseren Übersicht ausgeklammert. Diese sind aber selbstverständlich mitbedacht und auch entsprechend von den Durchführenden berücksichtigt worden.

Die Kinder sollen...

• ...Streichhölzer als Entzündungsquelle kennen lernen. Dabei sollen die Kinder wichtige Vorsichtsmaßnahmen kennen lernen und den sicheren Umgang mit Streichhölzern üben. Sie sollen lernen, wie man das Streichholz korrekt halten muss, damit man sich nicht verbrennt. Dabei werden Fragen aufgeworfen und geklärt, wie beispielsweise: Was brennt genau am Streichholz (Frage nach dem Brennstoff)? Um welches Material handelt es sich? Warum brennt die Flamme immer "nach oben"? Wieso hört das Streichholz auf zu brennen, wenn ich es senkrecht (mit der abgebrannten Seite nach oben) halte? Hier lässt sich

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup>Bei der Didaktischen Reduktion wird der Lerngegenstand nicht rekonstruiert, sondern der Inhalt wird vertikal und horizontal reduziert. Dabei bleibt der gleiche Gültigkeitsanspruch vorhanden. Nach einer eingängigen Sachanalyse werden die Inhaltsbereiche hinsichtlich ihrer Schwierigkeit und der Umfang hinsichtlich seiner Komplexität strukturiert. Kriterien für die Didaktische Reduktion sind die *fachliche Richtigkeit, die fachliche Ausbaufähigkeit* und die *Angemessenheit* des Lerngegenstandes. (Kahlke u.a. 1984)

<sup>&</sup>lt;sup>8</sup>Die beschrieben Experimente sind dem Werk von Jansen u.a. (2008)*Chemol - Heranführen von Kindern im Grund-schulalter an Chemie und Naturwissenschaften* entnommen. Entsprechend wurden auch die Überschriften der Versuche an die dort formulierten angelehnt.



**Abbildung 4.2:** Schematische Darstellung der in der Intervention intendierten fachlichen Inhalte des Lerngegenstandes *Feuer und Verbrennungsprozesse* 

erkennen, dass neben dem Lernziel, welches sich auf Sicherheitsaspekte bezieht<sup>9</sup>, auch die Intention, einen exemplarischen Brennstoff (Holz) kennen zu lernen, verfolgt wird. Verzichtet wurde auf Inhalte, die sich auf die Reaktion von Kaliumchlorat und Phosphor beim Reiben an der Reibefläche beziehen. Der große Alltagsbezug (jedes Kind kennt Streichhölzer) und die Erfahrungen mit dem Anzünden sowie die Klärung des brennbaren Stoffes<sup>10</sup> stehen bei diesem Teillernziel im Vordergrund.

• ...anhand des Aufbaus einer Kerze mehr über den Brennstoff Wachs erfahren sowie im Aufbau der Kerze wichtige Funktionen der Bestandteile erkennen. Die Schüler bauen dazu ein Teelicht auseinander und klären die Funktion der Einzelteile. Dabei steht besonders das Wachs als Brennstoff im Vordergrund der Untersuchung. Die Lernenden untersuchen den Brennstoff auf seine Eigenschaften, erkennen, dass dieser bei Erwärmen flüssig wird und dass er ohne den Docht nicht brennt. Hiermit wird ein weiterer exemplarischer Brennstoff eingeführt, wobei bei diesem Beispiel die Besonderheit, dass das Wachs ohne den Docht nicht brennt, eine entscheidende Rolle spielt und die Vorstellung der Lernenden zu Brennstoffen erweitern soll. Das Anzünden der Kerze mit Streichhölzern baut auf den vorangegangenen Versuchen und dem Erwerb der Fähigkeit des Anzündens eines Streichholzes auf. Dadurch werden diese Fähigkeiten in der Anwendung gefestigt. Auf Erklärungsversuche bezüglich der Verbrennung von Wachs (Paraffin) zu Wasser, Kohlendioxid

<sup>&</sup>lt;sup>9</sup>Der Sicherheitsaspekt wurde bewußt an den Anfang des Unterrichtsganges gelegt, da viele Kinder erfahrungsgemäß große Angst vor dem Anzünden von Streichhölzern und größtenteils auch noch keine oder wenig eigene Erfahrungen haben.

<sup>&</sup>lt;sup>10</sup>Wenn das Streichholz senkrecht gehalten wird, wird darauf eingegangen, warum der "verkohlte" Teil eigentlich nicht mehr brennen kann. Hier soll ein Verständnis für Verbrennung als ein nicht-wiederholbarer Prozess angebahnt werden. Erfahrungsgemäß erkennen die Kinder den Unterschied zwischen Brennstoff, ein Stoff, der noch brennen kann, und "Verbranntem", ein Stoff, der nicht mehr brennen kann, recht gut. Damit ist eine wichtige Voraussetzung für das konzeptuelle Verständnis der Brandbedingung "Brennstoff" gegeben.

und Ruß unter Abgabe von Energie, wird im Zuge der didaktischen Reduktion verzichtet. Ebenso wird nicht darauf eingegangen, dass Licht und Wärme bei der Verbrennung frei gesetzt werden.

- ...mit Hilfe von Abdeckversuchen das Prinzip: "Feuer braucht Luft zum Brennen" kennen lernen. Die Schüler erfahren, dass eine Kerze aufhört zu brennen, wenn sie mit einem Glas überdeckt wird. Drei unterschiedlich große Gläser führen zu dem Ergebnis, dass die Kerzen unterschiedlich schnell ausgehen. Dieses Phänomen soll eine erste Vorstellung von Volumen bei den Kindern anbahnen. Dabei wird begrifflich zunächst keine Unterscheidung zwischen Luft und Sauerstoff gemacht.
- · ...erkennen, dass nur ein Teil der Luft (Sauerstoff) für die Verbrennung notwendig ist. Für den Versuch wird ein Teelicht in eine Schüssel mit gefärbtem Wasser gestellt und nach dem Entzünden mit einem Erlenmeyerkolben abgedeckt. Den Lernenden wird die Erklärung gegeben, dass nur ein Teil der Luft von der Kerze "verbraucht" wird und dieser Teil Sauerstoff ist. Der Versuch ist fachlich nicht korrekt interpretiert (Wiederholt 1996). Durch Abkühlungs- und Reaktionsprozesse (Änderung des Volumens) entsteht im Kolben ein geringerer Druck, welcher aus Teilen des gefärbten Wassers nach dem Erlöschen der Kerze wieder aufgefüllt wird. Von "Verbrauchen" kann man korrekterweise nicht sprechen, da Verbrennungsprodukte entstehen, die diesen Raum zumindest zu Teilen wieder füllen müssen. Wiederholt u.a. (1996) konnten zeigen, dass die Abnahme des Volumens etwa 7% ausmacht). Durch die quantitative Interpretation des Versuchs wird den Lernenden eine gängige "Fehlvorstellung" von Verbrennung als Vernichtung im Sinne von Andersson (1990) (vgl. Kap. 5.1) vermittelt. Für das Verständnis, dass Sauerstoff ein Teil der Luft ist und dieser bei der Verbrennung eine entscheidende Rolle spielt (qualitative Interpretation des Versuchs), eignet sich die Anschauung über diesen Versuch allerdings sehr gut<sup>11</sup>, sodass er für die Intervention ausgewählt wurde.
- ...verstehen, dass die Flamme<sup>12</sup> eine bestimmte Temperatur hat. Dazu werden mit Hilfe eines digitalen Meßgerätes die Temperatur an unterschiedlichen Stellen der Flamme gemessen. Um die gemessene Temperatur in ein für die Schüler bedeutsames Verhältnis zu ihrer Alltagswelt zu bringen, wird die Temperatur zwischen den Fingern und die Raumtemperatur als Vergleichshorizont mit gemessen. Dies ermöglicht es den Lernenden die Dimensionen der Temperatur zu verstehen. Es wird auch darauf eingegangen, dass eine bestimmte Temperatur für die Entstehung eines Feuers notwendig ist, allerdings wird dies nur mit den Lernenden besprochen und nicht experimentell erprobt. Die Bedingung "Temperatur" wird damit in der Intervention nur unzureichend experimentell veranschaulicht, was in der Diskussion der Ergebnisse zu berücksichtigen ist.<sup>13</sup>
- ...erfahren, dass Wachs als Brennstoff erst gasförmig sein muss, damit es brennt. Dazu werden Versuche durchgeführt, die sich dahingehend interpretieren lassen, das sich der Wachsdampf wieder neu entzünden lässt. Zum Einen wird über einer gerade ausgepusteten

<sup>&</sup>lt;sup>11</sup>Das Repertoire an (grundschul-)geeigneten Versuchen für die Darstellung diese Aspekts ist stark begrenzt, sodass dieser Versuch ausgewählt wurde obgleich er ein hohes Risiko für die Herausbildung von "Fehlvorstellungen" birgt.

<sup>&</sup>lt;sup>12</sup>Für die Schüler ist die Flamme nur eine Teilerscheinung des Gesamtphänomens Feuer. Die Schüler sprechen dementsprechend von der Temperatur des Feuers.

<sup>&</sup>lt;sup>13</sup>Ein weiterer Versuch, der das Konzept der Entzündungstemperatur veranschaulichen soll, wurde von Unthan (2006) beschrieben. Dieser könnte das Prinzip der benötigten Entzündungstemperatur verdeutlichen, indem ein Stück Küchenrolle in eine metallenes Sieb gelegt wird. Unter das Sieb wird ein Streichholz gehalten. Durch die Ableitung der Temperatur durch das Metall, entzündet sich das Stück Küchenrolle nicht. Dieser Versuch wurde aufgrund seiner schwierigen Erklärung (das Sieb leitet die Temperatur ab) nicht mit in die Reihe der Versuche aufgenommen.

Kerze mit einem Streichholz in einigem Abstand zum Docht der Wachsdampf entzündet, zum Anderen wird der Wachsdampf mit Hilfe eines Glasröhrchens abgeleitet und an dem Docht entgegen liegenden Ende neu entzündet. Die Flamme *fällt* dabei durch das Glasröhrchen und entzündet den Docht. Dieser Versuch wurde ausgewählt, weil er durch die Sichtbarkeit des bereits kondensierten Wachsgases in Form eines weißlichen Nebels, der nach dem Löschen der Flamme deutlich zu erkennen ist, den Lernenden eine Vorstellung vom gasförmigen Brennstoff vermitteln soll. Auch bei diesem Versuch ist die fachlich korrekte Interpretation des weißen Nebels zu Gunsten einer schülergerechten Erklärung abgeändert worden. Die fundamentale Vorstellung, dass bei der Kerze der Wachsnebel brennt, wird dabei der fachlich korrekten Interpretation (gasförmiges Wachs) aufgrund seiner Unsichtbarkeit bevorzugt.

- ...verschiedene Löschmöglichkeiten kennen lernen und ihre Wirkungsweise im Hinblick auf deren Unterbinden einer Brandbedingung erkennen. Dazu löschen die Lernenden ein Feuer durch Abdecken mit einem Tuch, wobei der Fokus auf den Ausschluss von Luft (Sauerstoff) gelegt wird. Das Löschen mit Wasser und die anschließende Erkenntnis, dass das Schälchen, in dem mit Wasser gelöscht wurde, kalt ist, soll den Lernenden das Prinzip der Temperatur, welche für das Feuer notwendig ist, verdeutlichen. Mit Schaum zu löschen soll die Bedingungen Sauerstoffzufuhr durch Abdecken und Temperaturminderung durch das enthaltene Wasser aufzeigen und nachvollziehbar machen. Es werden explizite Transfermöglichkeiten zu den zuvor gelernten Brandbedingungen gegeben. So soll das Konzept der Brandbedingung gefestigt und in neuen situativen Handlungen erprobt werden.
- ...erkennen, dass man nicht alle Stoffe mit Wasser löschen kann. Hierzu wird den Lernenden ein Fettbrand vorgeführt. Das Löschen des entzündeten Fettes mit Wasser führt zu einer Stichflamme, da sich die Oberfläche des Wasser durch das Auftreffen auf das heiße Fett und die damit verbundene Verdampfung schlagartig vergrößert und Teilchen des Fettes mit in die Höhe nimmt. Mit dem Fettbrand soll den Schülern eine Ausnahme der Brandbedingung Löschen mit Wasser gezeigt werden, die großen Bezug zum Alltag hat. So soll Übergeneralisierungen vorgebeugt werden.

Die hier dargestellten Experimente und die dahinter liegenden Intentionen sollen einen Eindruck in die Arbeit bei der Intervention geben. Da die Schülergruppen in Kleingruppen (drei bis vier Kinder pro Station pro Betreuer) mit unterschiedlichen Betreuern<sup>14</sup> gearbeitet haben, kann nicht vollständig ausgeschlossen werden, dass individuelle Schwerpunkte und spezielle Fragen der Lernenden einen weiteren fachlichen Schwerpunkt in der Intervention gebildet haben. Eine Befragung der betreuenden Studenten deutete aber nicht auf besondere Vorkommnisse während der Intervention hin. Damit sind in allen Gruppen die o.g. fachlichen Inhalte mit den entsprechenden Experimenten behandelt und ausführlich diskutiert worden. Es wurde Wert darauf gelegt, dass die betreuenden Studenten Fachbegriffe wie Sauerstoff und Brennstoff einführen, aber immer an die konkreten Beobachtungen anschließen. Jede Station dauerte etwa 60 Minuten. Der abschließende Fettbrand dauerte etwa 20 Minuten. Zwischen den Stationen hatten die Kinder eine etwa 20 minütige Pause.

Wie bereits angedeutet, wurden die Schülergruppen von geschulten Studenten der Fachrichtungen Chemie oder Sachunterricht in der Intervention betreut. Die Betreuer wurden im Rahmen

<sup>&</sup>lt;sup>14</sup>Auch hier wurde aufgrund der besseren Lesbarkeit ausschließlich die männliche Form gewählt (Betreuer, Studenten, etc. - es handelt sich aber um eine gemischte Gruppe und bezieht sich auf Menschen aller Geschlechter.

ihrer Ausbildung mit dem CHEMOL-Konzept (Jansen 2008) und den Experimenten vertraut gemacht. Zum Zeitpunkt der Durchführung der Untersuchung hatten die Studenten bereits mehrfach Gruppen betreut und waren gut mit dem Ablauf an den Stationen und der Durchführung vertraut.

# 4.5 Erhebungsinstrumente: Verwendete Materialien und Tests

Im Zuge der Studie wurden verschiedene Materialien entwickelt oder bereits erprobte Tests eingesetzt. In einer Pilotuntersuchunng wurden die Testinstrumente erprobt und ggf. angepasst. An dieser Stelle sollen die in der Hauptstudie verwendeten Materialien kurz erläutert und im Hinblick auf ihre Funktion für die Untersuchung diskutiert werden.

# 4.5.1 Einführung der Methode des Concept Mappings mit Hilfe eines Readers

Die Methode des Concept Mappings ist in Grundschulen oft nicht bekannt und wird entsprechend auch nicht als Lernmethode im Unterricht eingesetzt, obwohl die Kerncurricula für das Fach Deutsch in 4. Klassen das Erstellen von Mindmaps und Clustern (RRL Niedersachsen für das Fach Deutsch (2006):19) durchaus vorsehen. Hingegen ist die Methode des Stichworteschreibens im Deutschunterricht der Grundschule vorgesehen; die Schüler sollen ab dem 4. Schuljahr Stichworte als Hilfsmittel zum Erstellen von Texten benutzen (ebd.:19).

Aus diesem Grund wurde ein Reader entwickelt, mit dessen Hilfe die Probanden beide Methoden im Vorfeld erarbeiten sollten. Dieser Reader wurde in Anlehnung an die Vorgaben in den Rahmenrichtlinien für das Fach Deutsch entwickelt und gründet auf den Erfahrungen der Versuchsleiterin mit der Einführung der Methode des Concept Mappings bei Grundschülern (Dunker 2002). Besondere Intention für diesen Reader war es, dass die Schüler ihn in eigenverantwortlicher Arbeit und damit in ihrem eigenen Tempo erarbeiten können und frontale Unterweisungen vermieden werden können. Ebenso sollte durch den Einsatz des Readers keine Sozialform vorgegeben sein, um klasseninterne, geübte Arbeitsstrukturen beizubehalten. Die Wahl der Sozialform sollte deshalb im Ermessen des Lehrers liegen. Folgende Schwerpunkte werden aus forschungsmethodischer Perspektive im Reader berücksichtigt:

- Beide Methoden, Stichworteschreiben und Concept Mapping, sollen in gleichem Maß erarbeitet werden, um einen Vorzug einer Methode auszuschließen.
- Viele praktische Übungen sollen die Fähigkeiten der Schüler in der Anwendung beider Methoden gewährleisten.

Die Erarbeitung der Methode des Stichworteschreibens wurde im Reader auf drei so genannte Stationen verteilt, obwohl diese im Sinne des "Stationenlernens" keine Station darstellen sondern als Abschnitte zu sehen sind. An Station 1 erarbeiten die Schüler in Einzel- oder Partnerarbeit einen Textauszug aus dem Buch "Kalle Blomquist" von Astrid Lindgren, der in zwei Teile aufgeteilt wurde. Dabei sollen sie zunächst

- 1. die Geschichte lesen.
- 2. die Geschichte aus dem Gedächtnis einem anderen Schüler erzählen sowie

#### 3. angeben, was ihnen dabei schwer gefallen ist.

Diese Übung sollte die Kinder mit dem Textauszug vertraut machen, mögliche Fragen, die nach dem Lesen auftauchen durch die Nacherzählung in der kooperativen Arbeit beantworten und sie für mögliche Verständnisprobleme sensibilisieren.

An der zweiten Station erfahren die Schüler in Form eines Sachtextes, wofür man Stichworte braucht, und markieren vorgegebene Schlüsselbegriffe im ersten Textabschnitt. Die Intention war, dass die Schüler zunächst einmal ein Gefühl dafür bekommen, welche Begriffe in der Geschichte eine tragende Rolle spielen können. Anschließend sollten die Schüler die Geschichte anhand der vorgebenen Stichworte noch einmal mündlich nacherzählen und in der Reflexion begründen, warum es ihnen leichter oder schwerer gefallen ist. Schließlich sollen sie im zweiten Textabschnitt selber Begriffe markieren, die sie für wichtig halten. Dabei wurde besonders darauf hingewiesen, dass es zulässig ist, auch unterschiedliche Begriffe zu markieren. Die dritte Station stellt die Kinder vor die Aufgabe, die vorgegebenen Stichworte und ihre eigenen in Form einer clusterartigen Stichwortliste zusammenzutragen. Dabei wurde Wert auf eine passende Überschrift gelegt sowie die Möglichkeit gegeben, die Stichwortliste beliebig zu erweitern.

Abschließend wurden die Schüler aufgefordert, eine Stichwortliste für das Thema "Feuer" zu erstellen. Dieses diente dazu, dass die Schüler zum Einen üben sollten, eine Stichwortliste zu einem beliebigen Thema selbständig anzufertigen, zum Anderen sollte das Wissen der Schüler in Form von Stichworten vor der Intervention festgehalten werden, um einen Vergleichshorizont für die Testinstrumente nach der Intervention zu haben.

Die Erarbeitung der Concept Maps oder Wissenslandkarten, wie sie zur besseren Verständlichkeit für die Schüler im Reader genannt werden, war ebenfalls auf drei "Stationen" verteilt. Zunächst sollten die Schüler eine Wissenslandkarte analysieren (vgl. Abbildung 4.3).

Dazu sollten die Schüler zunächst das zentrale Thema erkennen und Aussagen, die sich aus der Concept Map ableiten lassen, wie z.B. Apfelkuchen wird aus Äpfeln gemacht, notieren. In der Concept Map wurden absichtlich zwei Lücken gelassen; ein Schlüsselbegriff, für den aber eine Relation gegeben wurde und eine Relation, für die ein Schlüsselbegriff vorhanden ist, die von den Schülern ausgefüllt werden sollen. Ebenfalls wird kurz auf die verwendeten Wortarten, durch die in den meisten Fällen Relationen (Verben) und Schlüsselbegriffe (Nomen) bestimmt sind, eingegangen. Im zweiten Abschnitt sollen die Schüler eine eigene Concept Map erstellen, indem sie sich zunächst ein Thema aussuchen, zu dem sie viel sagen können. Durch die Wahl eines eigenen Themas sollte die Motivation erhöht werden. In Form einer Schritt-für-Schritt-Arbeitsanleitung werden den Schülern an dieser Stelle des Readers die Mittel zum Erstellen einer eigenen Concept Map an die Hand gegeben. Dabei wird Wert auf Lesbarkeit und formelle Aspekte, wie z.B. das Umkästeln der Schlüsselbegriffe gelegt, um den formalen Richtlinien zum Erstellen von Concept Maps Rechnung zu tragen (Zaus 2000). Im dritten Teil des Readers geht es um die Reflexion der eigenen Concept Map. Die Schüler werden aufgefordert, Aussagen aus ihren Concept Maps zu notieren und sie zu überprüfen. Auch der Aspekt, möglichst viele Relationen zu finden, wird bearbeitet und ggf. werden weitere Relationen eingefügt. Abschließend sollen die Schüler eine Concept Map zum Thema Feuer anfertigen.

Mit Hilfe des Readers wurden die Schüler der Untersuchung mit den beiden Methoden Stichworteschreiben und Concept Map vertraut gemacht. Die Erarbeitung der Methoden mit dem Reader fand in jeder Klasse in sechs Schulstunden statt. Während beim Reader die eigenständige Erarbeitung im Vordergrund stand, so wurden anschließend mit der ganzen Klasse alle Textpassagen und Aufgaben gemeinsam gelesen, um Verständnisprobleme auszuschließen. Während jeder Er-

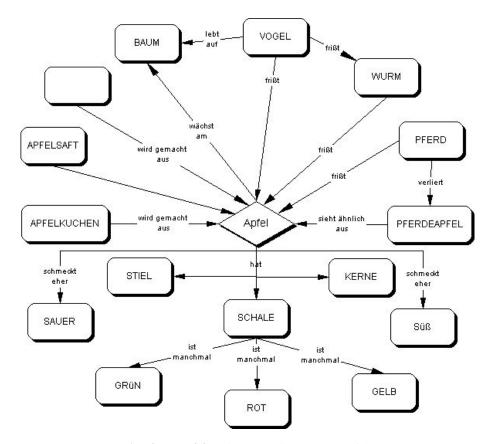


Abbildung 4.3: Wissenslandkarte zum Apfel

arbeitungsphase war die Versuchsleiterin anwesend, um Probleme der Schüler mit dem Material zu beheben. Bis auf Verständnisfragen hatten die Schüler der Untersuchung wenig Probleme mit der eigenständigen Erarbeitung und der Aufgabenstellung. Nach jeder Unterrichtsstunde wurde mit den Schülern die Arbeitsphase reflektiert, um Probleme aufzugreifen, für alle zu klären und so sicherzustellen, dass die Aufgaben im Sinne der Aufgabenstellung erarbeitet wurden. Zusätzlich wurden alle Aufgaben und Ergebnisse an der Tafel besprochen und diskutiert. Ausgenommen waren die abschließenden Aufgaben zum Erstellen von Stichwortlisten und Concept Map zum Thema "Feuer", um hier keinen Lerneffekt zu erzielen.

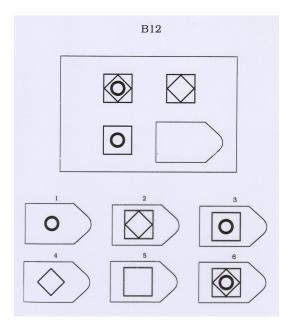
### 4.5.2 Der Coloured Progressive Matrices Test nach Raven

Der Coloured Progressive Matrices Test (CPM) von Raven ist ein Messverfahren zur praktischen Intelligenzdiagnostik und geht zurück auf die Serie der Standard Progressive Matrices, die bereits 1938 zur Anwendung bei jüngeren Kindern sowie sehr alten Personen entwickelt wurde. Der hier verwendete Test besteht aus drei mal 12 Aufgaben. Der CPM-Test kann in zwei Varianten verwendet werden: als Buchform oder in Form eines Puzzles. Die Aufgaben bestehen aus Mustern oder Musterfolgen, die nach einem bestimmten Prinzip aufgebaut sind. Jeweils ein Teil eines Musters wird im Test von den Probanden ergänzt. Dabei werden verschiedene Antwortmuster

A<sub>B</sub>12

vorgegeben, aus denen die Testperson sich die ihrer Meinung nach passende auswählt.

Abbildung 4.4: Beispiel für ein zu ergänzendes Muster aus der Reihe der CPM-Matrizen



**Abbildung 4.5:** Beispiel für eine zu ergänzende Musterfolge aus der Reihe der CPM-Matrizen Der Schwierigkeitsgrad der Testaufgaben steigt im Verlauf an. Je ein Beispiel für ein zu ergän-

zendes Muster und eine Musterfolge sind unter Abb 4.4 und Abb. 4.5 zu sehen.

Der CPM beabsichtigt, die unterschiedlichen Grade kognitiver Fähigkeiten unabhängig von sprachlichen Fähigkeiten zu erfassen. Hierin liegt der besondere Vorzug gegenüber anderen Testverfahren und die Begründung für die Wahl dieses Tests für die vorliegende Arbeit. Da von der Probandengruppe für diese Untersuchung nicht bekannt war, ob und wie gut sie die deutsche Sprache sprechen, wurde ein Test gewählt, der auf sprachliche Mittel zur Intelligenzdiagnostik verzichtet. Neben Faktoren wie dem Analogieschlussdenken sind beim CPM-Test auch Fähigkeiten des räumlichen Denkens und Prinzipien der Regelerkennung notwendig (Schmidtke u.a. 1987; Heller u.a.1998). Während die zeitliche Stabilität der Testergebnisse durch so genannte Re-Test-Reliabilitätsanalysen nachgewiesen werden konnte (Übersicht in: Schmidtke u.a. 1987), bestehen bei der Validität des CPM als Intelligenztest durchaus divergente Meinungen:

Ursprünglich war es wohl Ravens Intention [...] einen selbständigen und kompletten Intelligenztest zu konstruieren, der eine relativ "reine" Messung des Spearmanschen "g"-Faktors<sup>15</sup> erlauben sollte [...]. Später jedoch definiert Raven selbst die von ihm entwickelten Tests vorsichtig nicht als "allgemeine Intelligenztests" sondern als "... Test der Beobachtung und des klaren Denkens...", als Möglichkeit, "... besonders die gegenwärtige Fähigkeit eines Individuums zu intellektuellen Handlungen zu messen..." (ebd.:16)

Der CPM Test wird als relativ kulturunabhängig und abstrakt in Bezug auf angewandte Problemlösungsstrategien beschrieben (ebd. S. 17), weshalb er für Probandengruppen, deren kulturelle Einflüsse unbekannt sind, gut geeignet ist. Die Normierung der Testergebnisse für deutsche Probanden wurde 1971 vom statistischen Bundesamt der BRD durchgeführt.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde der CPM-Test mit allen 36 Testitems aus praktischen Gründen auf Folien kopiert und mit allen Kindern zusammen ohne zeitliche Limitierung ganz zu Beginn der Arbeit in der Schule durchgeführt. Da der zeitliche Rahmen für die Arbeit in der Schule für diese Untersuchung begrenzt war, bot sich der Einsatz des CPM-Tests besonders an. Für die Erläuterung und Durchführung des Tests wurde i.d.R. eine Schulstunde benötigt. Bei dieser Art der Durchführung kreuzen die Schüler auf einem extra Testblatt ihre Antworten an. Da hier alle Kinder in ihrer gewohnten Umgebung des Klassenraumes zusammen getestet wurden, kann nicht garantiert werden, dass einzelne Schüler ausschließlich selbständig gearbeitet haben. Da aber besonders auf dieses Problem hingewiesen wurde und keine Zwischenfälle aufgefallen sind, kann davon ausgegangen werden, dass die Schüler weitestgehend selbständig zu einer Lösung gekommen sind.

Die Auswahl des CPM-Matrizentest nach Raven für die Testung der gegenwärtigen kognitiven Fähigkeiten der Probenden gründet somit auf drei Faktoren:

- 1. Der Test baut auf nicht-sprachlichen Items auf, was für die unbekannte Probandengruppe von Vorteil ist.
- 2. Der Test lässt sich mit allen Schülern gleichzeitig in relativ kurzer Zeit durchführen.
- 3. Der Test wurde für deutsche Schüler normiert, sodass Rückschlüsse auf deren gegenwärtige kognitiven Fähigkeiten gezogen werden können.

<sup>&</sup>lt;sup>15</sup>g-Faktor steht für Generalfaktor der Intelligenz. "Der Begriff beinhaltet, dass in vielen verschiedenen Intelligenzleistungen mehr oder weniger stark ein Allgemeiner Intelligenzfaktor mitwirkt. Dies rechtfertigt es, vereinfacht von "der" Intelligenz zu sprechen. Der g-Faktor kann allerdings nur ein grober Orientierungswert über das Intelligenzniveau einer Person oder Personengruppe sein.

#### 4.5.3 Der Wissenstest

Der Wissenstest ist ein selbst entwickelter Test, der am Ende der Untersuchung dazu dient, das Wissen der Schüler zum Themenbereich Feuer und Verbrennungsprozesse zu überprüfen und der im Sinne der quantitativen Auswertung als Vergleichsvariable für die untersuchten zwei Schülergruppen (Stichwortliste und Concept Mapping) fungiert. Der Wissenstest enthält 22 Items, die in Form von Aussagen formliert wurden, z.B. "Ein Feuer braucht zum Brennen Sauerstoff aus der Luft" oder "Feuer braucht zum Brennen einen Brennstoff, z.B. Holz". Neben 10 korrekt formulierten Aussagen, wurden auch 12 Falschaussagen formuliert, wie z.B. "Feuer braucht keine Luft zum Brennen, es brennt alleine" oder "Feuer kann man nicht mit Schaum löschen". Die Aussagen wurden in Anlehnung an die Inhalte und Intentionen der Intervention formuliert. Alle Inhalte wurden in der Intervention mit den Lernenden behandelt und diskutiert. Dabei standen den Probanden zwei Antwortmöglichkeiten zur Verfügung: Ja, ich stimme der Aussage zu oder Nein, ich stimme der Aussage nicht zu. Vor der Testdurchführung wurden den Probanden alle Fragen langsam vorgelesen und Verständnisprobleme besprochen. Während der Bearbeitungszeit stand die Versuchsleiterin den Probanden bei Fragen zur Verfügung. Der Test wurde ohne zeitliche Begrenzung durchgeführt, wobei sich die durchschnittliche Bearbeitungszeit im Rahmen einer Schulstunde von 45 Minuten bemaß. Die folgende Tabelle stellt die einzelnen Fragen des Wissenstests mit ihren jeweiligen Inhaltskodierungen nachvollziehbar dar.

| Item | +stimm          | t/kodierter Inhalt     | Aussage  |
|------|-----------------|------------------------|--|
|      | stimmt<br>nicht |                        |  |
| 1    | +               | BB Brennstoff          | Feuer braucht zum Brennen einen Brennstoff, z.B. Holz.   |
| 2    | +               | BB Temperatur          | Feuer braucht zum Brennen eine bestimmte Temperatur.   |
| 3    | +               | BB Temperatur          | Der Brennstoff muss auf einen bestimmte Temperatur gebracht werden, damit ein Feuer entstehen kann.  |
| 4    | +               | Brennstoff spez.       | Wenn ein Feuer entsteht, dann wird ein Brennstoff gasförmig und dieses Gas, z.B. Holzgas, brennt dann, wenn es auf die entsprechende Temperatur gebracht wird. |
| 5    | +               | BB Sauerstoff          | Feuer braucht zum Brennen Sauerstoff aus der Luft.   |
| 6    | -               | BB Brennstoff          | Feuer braucht zum Brennen Sticktoff aus der Luft.  |
| 7    | -               | BB Luft                | Feuer braucht keine Luft zum Brennen, es brennt alleine.   |
| 8    | -               | Brennstoff spez.       | Feuer kann sich auch ohne einen Brennstoff entzünden.  |
| 9    | +               | Löschen Wasser Begr.   | Wenn man mit Wasser löscht, dann kühlt es das<br>Feuer soweit ab, dass es aus geht.  |
| 10   | -               | Löschen Wasser         | Feuer kann man nicht mit Wasser löschen.   |
| 11   | -               | Löschen Wasser Begr.   | Wenn man ein Feuer mit Wasser löscht, dann deckt das die Flamme ab.  |
| 12   | +               | Löschen Schaum         | Wenn man mit Schaum löscht, dann kühlt man das Feuer ab und es kann kein Sauerstoff an die Flamme kommen.  |
| 13   | -               | Löschen Schaum         | Feuer kann man nicht mit Schaum löschen.   |
| 14   | +               | Löschen abdecken       | Wenn ein Feuer nicht zu groß ist, kann man<br>es mit einem Tuch abdecken. Das entzieht der<br>Flamme den Sauerstoff.   |
| 15   | -               | Löschen abdecken       | Wenn man ein Feuer abdeckt, dann kühlt das die Flamme ab.  |
| 16   | -               | Löschen abdecken Begr. | Wenn man ein Feuer abdeckt, kann kein Kohlenstoffdioxid an die Flamme kommen.  |
| 17   | +               | Löschen Brennstoff     | Man kann ein Feuer auch löschen, indem man den Brennstoff entzieht.  |
| 18   | +               | Brennstoff spez.       | Bei der Kerze brennt eigentlich nur der Wachsdampf.  |
| 19   | -               | Brennstoff spez.       | Bei der Kerze brennt das feste Wachs.  |
| 20   | -               | Löschen Wasser         | Ein Feuer kann man nur mit Wasser löschen.   |
| 21   | -               | Löschen Schaum         | Feuer kann man nur mit Schaum löschen.   |
| 22   |                 | Löschen allg.          | Feuer kann man gar nicht löschen.  |

Tabelle 4.2: Inhalte des Wissenstests

Legende: BB=Brandbedingung; spez.=speziell, Begr.= Begriff (hier handelt es sich um spezielle Fachbegriffe), allg.= allgemein

#### Ermittlung der Testgütekriterien:

#### Objektivität:

Gemäß Fisseni (2004) können Kriterien, die sich auf Objektivität des Tests beziehen, in zwei Teilaspekte ausgegliedert werden, die nachfolgend auf den hier durchgeführten *Wissenstest* angewendet und diskutiert werden:

- 1. Die *Durchführungsobjektivität* des hier durchgeführten Tests kann gewährleistet werden, indem sichergestellt wurde, dass
  - der Raum und die Zeit zwar nicht bei allen Probanden dieselben waren, da es sich um vier verschiedene Klassen handelt, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten den Wissenstest bearbeitet haben; der Zeitraum der Bearbeitung allerdings in allen vier Klassen nicht limitiert war, die Probanden also den Test in ihrem eigenen Tempo bearbeiten konnten und der Raum für die Durchführung des Tests bei allen Klassen der jeweilige Klassenraum war;
  - die kognitiv-emotionale Verfassung der Probanden im Rahmen der Möglichkeiten ähnlich war, da keine kognitiv anspruchsvollen Aufgaben wie Klassenarbeiten oder körperlich anspruchvolle Aufgaben, wie sportliche Aktivitäten, der Testdurchführung unmittelbar vorausgegangen sind;
  - die Instruktion der Testaufgaben in gleicher Art von der Versuchsleiterin vorgelesen wurde und mit den Probanden vor der Durchführung ausführlich besprochen wurde.
- 2. Die *Auswertungsobjektivität* kann gewährleistet werden, da die Antworten mit numerischen Werten (0 und 1) kodiert wurden und durch die Antwortmöglichkeiten entweder falsch (1) oder richtig (0) beantwortet werden konnten. Die Auswertung ist somit auswerterunabhängig.

#### Reliabilität:

Die Reliabilität beschreibt den Grad der Genauigkeit der Messung eines Merkmals. Die Reliabilität ist umso höher, je geringer die Varianz der Fehleranteile der Messung ist (Lienert u.a. 1998). Die Reliabiltät kann über den Koeffizienten Cronbachs  $\alpha$  bestimmt werden, welcher die interne Konsitenz einer Skala misst. Dieser kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Die interne Konsistenz nach Cronbachs  $\alpha$  erweist sich nach den Richtwerten von Lienert u.a (1998) mit .39 bei der Gesamtskala als unbefriedigend. Nach Ausschluss von 12 Items mit unbefriedigender Trennschärfe aus dem Fragebogen, ergibt sich ein Wert von  $\alpha$ = .591, der als wenig reliabel beurteilt werden kann. Lienert u.a. (1998) geben als Richtwert Reliabilitäten ab .5 als ausreichend für die Beurteilung von Gruppendifferenzen an. Die Auswahl bezieht sich auf die Items 2, 3, 6, 11, 15, 16, 17, 18, 19 und 20. Die folgenden Aussagen beziehen sich auf die Daten der reduzierten Skala. Hingegen wurden bezüglich der deskriptiven Aussagen zum Wissenstest alle Items herangezogen, da sowohl die Items, bei denen besonders viele Probanden Fehler gemacht haben, als auch die Items, die von besonders vielen Probanden richtig beantwortet wurden, relevant sind.

#### Validität:

Die Validität liefert eine Aussage darüber, ob die operationalisierten Kategorien das messen, was sie zu messen vorgeben (Lienert u.a. 1998:220). Die Validität kann mit Hilfe verschiedener Methoden (Inhaltsvalidität, kriteriumsbezogene Validität, Konstruktvalidität) ermittelt werden. Gemäß Fisseni (2004:63) kann die Inhaltsvalidität als übergeordnet angesehen werden und stellt somit den wichtigsten Faktor zur Beurteilung der Güte dar. Eine hohe Inhaltsvalidität ist gegeben, wenn der Inhalt der Items die zu messende Kategorie in ihren wichtigsten Aspekten erschöpfend

erfasst. Dabei wird die Höhe der Inhaltsvalidität i.d.R. nicht numerisch sondern "aufgrund logischer und fachlicher Überlegungen" (Michel u.a. 1982; zit. nach Fisseni 2004:63) bestimmt. Häufig wird die Inhaltsvalidität deshalb durch die Methode der Expertenvalidierung ermittelt. Der hier entworfene Wissenstest wurde von einem Experten validiert, indem er die entworfenen Testfragen auf ihren fachlichen Inhalt hin eingeschätzt hat. Die Einschätzungen basierten auf den in Kapitel 4.4 dargestellten Inhalten. Mit Hilfe einer dreiwertigen Skala wurden die einzelnen Fragen des Wissenstests eingeschätzt und ausgewertet. In einem zweiten Schritt wurden unterschiedliche Einschätzungen kommunikativ validiert und ggf. verändert.

# 4.6 Auswertungsmethodik

Im Gegensatz zu den Beschreibungen der Auswahl der Erhebungsmethode in Kapitel 6.3 wird die Wahl der Erhebungsmethode für diesen Teilbereich maßgeblich durch die Möglichkeiten der quantitativen Auswertungen bestimmt. Um die Lerneffektivität einer Methode zu ermitteln, ist es notwendig, dass eine Vergleichsmethode gewählt wird, die sich in einer speziellen, auf den Fokus der Untersuchung zielenden Weise, unterscheidet. Da basierend auf Forschungsergebnissen angenommen werden kann, dass sich Concept Maps aufgrund ihrer Vernetztheit als lerneffektiv erweisen (Bernd u.a. 2000), wurde die Stichwortliste als verwandte, nicht-vernetzende Methode zum Vergleich gewählt. Stichwortlisten haben linearen Charakter, basieren wie das Concept Mapping auf der Darstellung von Schlüsselbegriffen (engl. Keywords) und stellen im Hinblick auf die Auswertungsmethodik ein äquivalentes Medium der Wissensabbildung dar. Das Schreiben von Stichworten stellt eine geforderte Methode im Grundschulunterricht dar (Niedersächsisches Kultusministerium (2006b):19; Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2005):22).

Durch die quantitative Auswertung der Daten, die im Folgenden detaillierter dargestellt wird, ergaben sich auch Antworten auf die Forschungsfrage: Können Grundschüler mit der Methode des Concept Mappings naturwissenschaftliche Konzepte des Themenbereichs Feuer und Verbrennungsprozesse effizienter lernen als mit anderen, nicht-vernetzenden, linearen Methoden?

### 4.6.1 Auswertungsmethodik

#### Auswertung des CPM-Tests

Der CPM-Test wurde mit Hilfe eines Antwortbogens (zu beziehen über die Testzentrale, Göttingen) ausgewertet. Dabei wird aus den Antworten ein Rohwert ermittelt, der anhand von vorgegebenen Umrechnungstabellen (vgl. CPM Manual) in einen Wert für kognitive Fähigkeiten umgerechnet werden kann. Für die Auswertung in dieser Untersuchung wurde der Rohwert verwendet, da das Alter der Probanden zwischen 9 und 11 Jahren lag und gemäß den Angaben im Manual (Schmidtke 1978:40) damit kein Unterschied in den von Raven ermittelten Prozenträngen und den damit verbundenen Aussagen über die kognitiven Fähigkeiten in Form eines IQ Wertes für die Probanden erwartet werden können.

#### **Auswertung des Wissenstests**

Für den Wissenstest wurde aus allen Antwortitems ein Wert für alle korrekt beantworteten Fragen

ermittelt, der Grundlage für die Auswertung ist. Es wurde auf eine spezielle qualitative Auswertung einzelner Items verzichtet.

#### Auswertungsmethodik der Stichwortlisten und Concept Maps

Die Auswertung der Stichwortlisten und Concept Maps erfolgte mit Hilfe eines Scores. Dieser ermittelt unterschiedliche Dimensionen innerhalb des Testinstruments, sollte aber dem Anspruch der Vergleichbarkeit gerecht werden. Für die Concept Maps wurden vier Aspekte ermittelt, für die Stichwortlisten zwei.

Ein Begriff ist dann als richtig gewertet worden, wenn er gemäß den formalen Vorgaben mit anderen vernetzt wurde. Inhaltlich konnte dieser Begriff auch eine fehlerhaft Aussage machen, es ging vielmehr darum einen Wert für die Anzahl von Begriffen innerhalb einer Concept Map zu ermitteln, um diesen mit der Anzahl der verwendeten Begriffe in den Stichwortlisten zu vergleichen. Ebenfalls wurde in den Concept Maps die Anzahl korrekter Fachbegriffe ermittelt. Diese Fachbegriffe beziehen sich aufgrund der besseren Vergleichbarkeit untereinander auf fachspezifische Begriffe, wie sie in Kapitel 4.4 erläutert wurden. Diese wurden ebenfalls für die Stichwortlisten ermittelt. Wenn ein Proband beispielsweise in seiner Concept Map oder in seiner Stichwortliste den Begriff *Luft* verwendet hat, dann zählte dieser als Fachbegriff und wurde gezählt. Intention dieser Vorgehensweise war die größtmögliche Vergleichbarkeit der Methoden Concept Map und Stichwortliste.

Für die Concept Maps wurden noch die Aspekte fehlerhafter Begriff und Anzahl der weiterführenden Relationen bestimmt. Diese konnten in den Stichwortlisten nicht ermittelt werden, da fehlerhafte Begriffe aufgrund ihrer "Uneindeutigkeit" (Begriffe werden nicht syntaktisch verbunden und sind somit nur schwer nach zu vollziehen) nicht eindeutig ermittelt werden können und die Methode des Stichworteschreibens keine Relationen zwischen den Begriffen vorsieht. Die Aspekte fehlerhafter Begriff und Anzahl weiterführenden Relationen wurden deshalb gewählt, um mögliche messbare Einflussfaktoren innerhalb der Methode des Concept Mappings identifizieren zu können. Im Folgenden sind die Aspekte des Methoden noch einmal in tabellarischer Form zugeordnet:

#### CONCEPT MAPS

| Inhalt   | Punktzahl        |
|--|------------------|
| Begriffsanzahl (AKN)                               | je 1 Punkt       |
| Korrekter Fachbegriff (AFach)                      | je 1 Punkt       |
| Fehlerhafter Begriff (AFehl)                       | je 1 Punkt       |
| Anzahl weiterführender Relationen zu einem Begriff | AKN + je 1 Punkt |

Tabelle 4.3: Punktescore für die Auswertung der Concept Maps

### STICHWORTLISTEN

| Inhalt                             | Punktzahl  |
|------------------------------------|------------|
| Begriffsanzahl (AStich)            | je 1 Punkt |
| Korrekter Fachbegriff (AFachStich) | je 1 Punkt |

Tabelle 4.4: Punktescore für die Auswertung der Stichwortlisten

Anhand von Beispielen (Abbildung 4.6 und 4.7) soll die Ermittlung des Scores für die jeweilige Methode verdeutlicht werden. dabei werden nicht die absoluten Werte summiert, sondern für jede Variabel einzeln ermittelt.

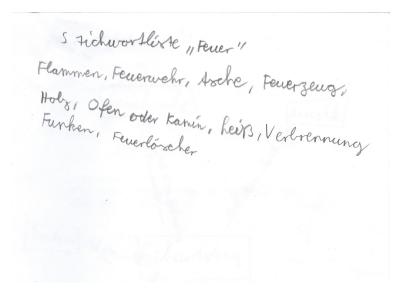
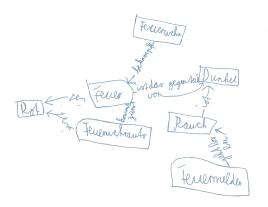


Abbildung 4.6: Stichwortliste

Die Abbildung 4.6 zeigt ein Beispiel für eine Stichwortliste. Der Schüler hat verschiedene Begriffe zum Thema Feuer aufgelistet und diese nicht in einen kontextuellen Zusammenhang gestellt. Ebenfalls stehen die Begriffe unverbunden durch Relationen. Formal ist dies eine "klassische" Stichwortliste. Gewertet wurde diese Stichwortliste mit Anzahl der Begriffe = 11 (Kamin und Ofen wurden aufgrund ihrer unterschiedlichen Bedeutung als zwei Begriffe gezählt; Anzahl der Fachbegriffe = 1 - hier wurde der Begriff *Holz* als ein Beispiel für einen Brennstoff gewertet. Das Vorgehen, Beispiele für Brennstoffe zu werten, wurde aus den Erfahrungen aus der Pilotuntersuchung entwickelt, da die Schüler dieser Altersgruppe dazu neigen, eher ein Beispiel zu nennen als den übergeordneten Begriff. Da keine eindeutigen Relationen zwischen den Begriffen aufgeführt sind, können keine Rückschlüsse auf fehlerhafte Begriffe gezogen werden, weshalb diese Aspekt nicht gezählt wurde.

Die Abbildung 4.7 zeigt eine Concept Map, die folgende Bewertung bekommen hat: Begriffsanzahl = 7, Korrekte Fachbegriffe = 0, Fehlerhafte Begriffe = 0, Anzahl weiterführender Relationen = 8 (hier hat der Begriff *Feuerwehrauto* einen zusätzlichen Punkt erhalten, da hier tiefer vernetzt wurde. Hingegen sind die Begriffe *dunkel*, *Rauch* und *Feuermelder* nur eindimensional verknüpft und erhalten keine zusätzlichen Punkte. Nur von dem Begriff *Feuerwehrauto* gehen zwei Verbindungsrelationen ab. Der zentrale Begriff *Feuer* wurde bei allen Concept Maps nicht als ein Begriff mit mehreren Verbindungsrelationen gewertet, da er als zentraler Startbegriff fungiert und deshalb nichts über den Vernetzungsgrad aussagt.

Sowohl für die Stichwortlisten als auch für die Concept Maps wurden Werte für die Ermittlung des vorunterrichtlichen Wissens als auch das Wissen nach der Intervention ermittelt. Diese wurden im Hinblick auf ihre Relevanz für den Wissenstest und vor den Hintergrund der ermittelten



**Abbildung 4.7:** Concept Map

Daten aus dem CPM-Test analysiert. Die Ergebnisse der Analyse und ihre Bedeutung für die Forschungshypothesen der Arbeit werden im folgenden Kapitel dargestellt.

# 4.7 Analyse der Daten

# 4.7.1 Wirksamkeit der Methode Concept Mapping

Die Auswertung der Daten erfolgte mit Hilfe statistischer Methoden, die hypothesengeleitet ausgewählt und angewendet wurden. Bortz u.a. (2006) formulieren für die Funktion von Signifikanztest:

"Der Signifikanztest ermittelt die Wahrscheinlichkeit, mit der die gefundenen empirischen Ergebnisse, die noch extremer sind als das gefundene Ergebnis, auftreten können, wenn die Populationsverhältnisse der Nullhypothese entsprechen."(Bortz u.a. 2006: 496)

Im Folgenden sollen zunächst die zu überprüfenden Hypothesen im Detail, anschließend die Ergebnisse eines Prä-Post-Vergleiches und schließlich weitere Ergebnisse dargestellt werden. Während sich das Kapitel "Analyse der Daten" zunächst auf die deskriptive Ergebnispräsentation beschränkt, sollen diese im Kapitel "Ergebnisse der Untersuchung" weiter diskutiert und erst später im Hinblick auf die Didaktische Strukturierung vertiefend erörtert werden. Für die statistische Auswertung wurden die erhobenen Daten mittels des statistischen Computerprogramms (SPSS) errechnet.

Hypothese 1: Probanden, die mit der Methode des Concept Mappings ihr Wissen nach der Intervention zusammengefasst haben, schneiden beim Wissentest besser ab als die Probanden, die mit der Methode des Stichworteschreibens gearbeitet haben.

Zur Verifizierung der Hypothese wurde ein T-Test für zwei unabhängige Stichproben gerechnet. Grundlage der Berechnung waren die Daten von Stichwortlisten und Concept Maps nach

der Intervention in Verbindung zu den Ergebnissen der Probanden beim Wissenstest<sup>16</sup>. Wie in den folgenden Abbildungen zu erkennen ist, lässt sich kein Zusammenhang ausmachen. Die Verwendung einer der beiden Methoden hat demnach keinen Einfluss auf das Abschneiden beim Wissenstest. Hypothese 1 lässt sich somit nicht bestätigen.

#### Gruppenstatistiken

|        | Gruppe | N  | Mittelwert | Standardab<br>weichung | Standardfe<br>hler des<br>Mittelwertes |
|--------|--------|----|------------|------------------------|--|
| TEST22 | 1      | 44 | 17,4773    | 2,30761                | ,34788                                 |
|        | 2      | 48 | 16,8750    | 2,24675                | ,32429                                 |

**Abbildung 4.8:** Deskriptive Statistiken Hypothese 1

|        | Test bei unabhängigen Stichproben                       |      |  |                |              |                 |                       |                                  |                                  |                    |
|--------|---|------|--|----------------|--------------|-----------------|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------|
|        |   |      | evene-Test der<br>erlanzgleichheit T-Test für die Mittelwertgleichheit |                |              |                 |                       |                                  |                                  |                    |
|        |   |      | Signifikanz  | -              | rtf          | Sia. (2-seitia) | Mittlere<br>Differenz | Standardfehle<br>r der Differenz | 95% Konflid<br>der Dif<br>Untere |                    |
| TEST22 | Varianzen sind gleich<br>Varianzen sind nicht<br>gleich | ,244 | ,623   | 1,268<br>1,266 | 90<br>88,832 | ,208<br>,209    | ,60227<br>,60227      | ,47503<br>,47559                 | -,34146<br>-,34274               | 1,54601<br>1,54729 |

Abbildung 4.9: Korrelationsmatrix zu Hypothese 1

# Hypothese 2: Probanden, die in ihren Concept Maps besonders viele Fachkonzepte benutzt haben, schneiden im Wissenstest besser ab, als Probanden, die in ihren Concept Maps wenig Fachbegriffe benutzt haben.

Um die Hypothese zu überprüfen, wurde der Zusammenhang zwischen den Ergebnissen beim Wissenstest und der Anzahl der verwendeten Fachkonzepte nach der Intervention untersucht. Die Korrelation zwischen dem Wissenstest (TEST22) und der Anzahl der Fachbegriffe (AFACHnach) (vgl. nachfolgende Abbildungen) ist mit r=,301\* signifikant, wobei nur ein schwacher positiv linearer Zusammenhang auszumachen ist. Das bedeutet, dass die Probanden, die eine größere Anzahl von Fachkonzepten benutzt haben, im Wissenstest eine größere Anzahl von Aufgaben richtig gelöst haben.

Deskriptive Statistiken

|           | Mittelwert | Standardab<br>weichung | N  |
|-----------|------------|------------------------|----|
| TEST22    | 17,1630    | 2,28361                | 92 |
| AFACHnach | 2,7292     | 2,06015                | 48 |

**Abbildung 4.10:** Deskriptive Statistiken Hypothese 2

<sup>&</sup>lt;sup>16</sup>Beim Wissenstest (hier bezeichnet mit TEST22) wurden für alle hier beschriebenen Berechnungen alle 22 Items verwendet, da es sich um deskriptive Aussagen handelt.

#### Korrelationen

|           |                          | TEST22 | AFACHnach |
|-----------|--------------------------|--------|-----------|
| TEST22    | Korrelation nach Pearson | 1      | ,301*     |
|           | Signifikanz (2-seitig)   |        | ,038      |
|           | N                        | 92     | 48        |
| AFACHnach | Korrelation nach Pearson | ,301*  | 1         |
|           | Signifikanz (2-seitig)   | ,038   |           |
|           | N                        | 48     | 48        |

<sup>\*.</sup> Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Abbildung 4.11: Korrelationsmatrix zu Hypothese 2

Hypothese 3: Probanden, die in ihren Stichwortlisten besonders viele Fachkonzepte benutzt haben, schneiden im Wissenstest besser ab, als Probanden der Concept Mapping-Gruppe.

Obwohl diese Probandengruppe deutlich mehr Fachbegriffe genannt hat, als die Concept Mapping-Gruppe, schneiden sie nicht besser beim Wissentest ab. Wie die nachfolgende Korrelationsmatrix zeigt, gibt es keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Anzahl der Fachbegriffe (AFACHnach)und dem Abschneiden beim Wissenstest (TEST22). Dieses Ergebnis könnte darauf hindeuten, dass erst die Vernetzung der Fachbegriffe, wie sie beim Concept Mapping geschieht, zu einem tieferen Verständnis und damit zu einem besseren Abschneiden beim Wissenstest führen kann.

#### Deskriptive Statistiken

|             | Mittelwert | Standardab<br>weichung | N  |
|-------------|------------|------------------------|----|
| TEST22      | 17,1630    | 2,28361                | 92 |
| AFACHSTnach | 4,1395     | 2,19937                | 43 |

Abbildung 4.12: Deskriptive Statistiken Hypothese 3

#### Korrelationen

|             |                          | TEST22 | AFACHST<br>nach |
|-------------|--------------------------|--------|-----------------|
| TEST22      | Korrelation nach Pearson | 1      | ,070            |
|             | Signifikanz (2-seitig)   |        | ,656            |
|             | N                        | 92     | 43              |
| AFACHSTnach | Korrelation nach Pearson | ,070   | 1               |
|             | Signifikanz (2-seitig)   | ,656   | 7.0             |
|             | N                        | 43     | 43              |

Abbildung 4.13: Korrelationsmatrix zu Hypothese 3

Hypothese 4: Probanden, die besonders viele Fehlkonzepte nach der Intervention in ihren Concept Maps haben, schneiden beim Wissenstest schlechter ab, als Pro-

#### banden, die wenig Fehlkonzepte haben.

Obwohl in den Concept Maps bis zu fünf Fehlkonzepte<sup>17</sup> gefunden wurden, zeigt die nachfolgende Korrelationsmatrix, dass zwischen der Anzahl der gefundenen Fehlkonzepte (AFEHLnach)und dem Abschneiden beim Wissenstest (TEST22) kein Zusammenhang besteht. Dieses Ergebnis ist verwunderlich und wird in der Diskussion näher erläutert werden.

#### Deskriptive Statistiken

|           | Mittelwert | Standardab<br>weichung | N  |
|-----------|------------|------------------------|----|
| AFEHLnach | ,3958      | ,93943                 | 48 |
| TEST22    | 17,1630    | 2,28361                | 92 |

Abbildung 4.14: Deskriptive Statistiken Hypothese 4

#### Korrelationen

|           |                          | AFEHLnach | TEST22 |
|-----------|--------------------------|-----------|--------|
| AFEHLnach | Korrelation nach Pearson | 1         | ,145   |
|           | Signifikanz (2-seitig)   | l         | ,326   |
|           | N                        | 48        | 48     |
| TEST22    | Korrelation nach Pearson | ,145      | 1      |
|           | Signifikanz (2-seitig)   | ,326      |        |
|           | N                        | 48        | 92     |

Abbildung 4.15: Korrelationsmatrix zu Hypothese 4

# Hypothese 5: Die kognitiven Fähigkeiten der Probanden haben Auswirkungen auf das erfolgreiche Lernen mit der Methode des Concept Mappings.

Für eine Überprüfung dieser Aussage wurden die Ergebnisse des CPM-Tests (CPM36) der Concept Mapping-Gruppe mit den Ergebnissen des Wissenstest (TEST22) in Beziehung gesetzt. Es konnte kein signifikanter Zusammenhang gefunden werden (vgl. nachfolgende Abbildungen).

# Hypothese 6: Probanden, die beim Wissenstest besonders gut abgeschnitten haben, vernetzen Begriffe in ihren Concept Maps besonders stark.

Hierzu wurden die Probanden ausgewählt, die im Wissenstest bis zu fünf Fehler gemacht haben. Die Ergebnisse des Wissenstests (TEST22) aus dieser Gruppe wurden mit der Anzahl der Verknüpfungen (GKNnach) in den Concept Maps in Beziehung gesetzt. Wie der nachfolgenden Korrelationsmatrix zu entnehmen ist, besteht ein positiv linearer Zusammenhang schwacher Stärke zwischen diesen Variablen. Hypothese 6 kann somit als bestätigt gelten.

<sup>&</sup>lt;sup>17</sup>Der Begriff "Fehlkonzept" ist im Sinne von fehlerhaften Begriffen gemeint, beispielsweise wenn anstelle von Sauerstoff, der für eine Verbrennung benötigt wird Stickstoff geschrieben wird, ist das als ein Fehlkonzept behandelt worden.

#### Deskriptive Statistiken

|        | Mittelwert | Standardab<br>weichung | N  |
|--------|------------|------------------------|----|
| TEST22 | 16,8750    | 2,24675                | 48 |
| CPM36  | 32,9348    | 3,28229                | 46 |

**Abbildung 4.16:** Deskriptive Statistiken Hypothese 5

#### Korrelationen

|        |                          | TEST22 | CPM36 |
|--------|--------------------------|--------|-------|
| TEST22 | Korrelation nach Pearson | 1      | ,061  |
|        | Signifikanz (2-seitig)   |        | ,685  |
|        | N                        | 48     | 46    |
| CPM36  | Korrelation nach Pearson | ,061   | 1     |
|        | Signifikanz (2-seitig)   | ,685   |       |
|        | N                        | 46     | 46    |

Abbildung 4.17: Korrelationsmatrix zu Hypothese 5

### 4.7.2 Weitere Ergebnisse

Die für die Untersuchung erhobenen Werte wurden letztendlich auf Beziehungen untereinander untersucht. Dabei konnten weitere Korrelationen festgestellt werden, die im Folgenden entsprechend ihrer Aussage beschrieben werden:

- 1. Eine hoch signifikante Korrelation (r= .938\*\*) ergab sich zwischen den Werten "Anzahl der Begriffe" (AKNvor) und "Vernetzungsgrad" (GKNvor) in den Concept Maps vor der Intervention sowie auch zwischen diesen Werten nach der Intervention (AKNnach GKNnach: r= .941\*\*). Das heißt, je mehr Begriffe in einer Concept Map benutzt wurden, desto stärker wurden sie vernetzt.
- 2. Ebenfalls hoch signifikant (r= .997\*\*) ist die "Anzahl der Begriffe" (AKNvor) und die "Anzahl der richtigen Begriffe" im Vortest (ARICHTvor) in einer Concept Map. Dies gilt für die Werte vor wie auch nach der Intervention (AKNnach ARICHTnach: r= .939\*\*). Man kann demnach sagen, dass je mehr Begriffe in einer Concept Map benutzt wurden, desto mehr richtige Begriffe wurden verwendet. Eventuell könnte die zwangsläufige Vernetzung der Begriffe, die durch die Methode bedingt ist, dazu führen, dass eben nur jene verwendet werden, die auch verstanden wurden und damit in bestehende Wissensstrukturen integriert wurden. Bei der Stichwortgruppe ergab sich hingegen kein positiv linearer Zusammenhang zwischen der Anzahl der Stichworte und der Anzahl der richtigen Stichworte.
- 3. Der "Grad der Vernetzung" (GKNvor) verhält sich ebenfalls signifikant (r= .939\*\*) zur "Anzahl der richtigen Begriffe"(ARICHTvor) in den Werten für die Concept Maps vor der Intervention als auch in den Werten nach der Intervention (GKNnach ARICHTnach: r= .905\*\*). Je tiefer eine Concept Map vernetzt wurde, desto mehr richtige Begriffe wurden

#### Korrelationen

|         | 10.00                    | TEST22 | GKNnach |
|---------|--------------------------|--------|---------|
| TEST22  | Korrelation nach Pearson | 1      | ,801*   |
|         | Signifikanz (2-seitig)   |        | ,031    |
|         | N                        | 17     | 7       |
| GKNnach | Korrelation nach Pearson | ,801*  | 1       |
|         | Signifikanz (2-seitig)   | ,031   | 100     |
|         | N                        | 7      | 7       |

<sup>\*.</sup> Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

**Abbildung 4.18:** Korrelationsmatrix zu Hypothese 6

demnach verwendet, was die These der mehr oder minder ausschließlichen Verwendung von Begriffen, die bereits in bestehenden Wissensstrukturen verfestigt wurden, bestätigt. Für die künftige didaktische Nutzung von Concept Maps im Sinne eines Diagnoseinstruments könnte dies ein interessanter Aspekt sein.

# 4.7.3 Ergebnisse der Prä-Post-Untersuchung

Im Rahmen der deskriptiven Ergebnisbeschreibung sollen an dieser Stelle die Analyse der Auswertung der Prä-Post-Untersuchung wiedergegeben werden. Dazu wurden der Variablen vor und nach der Intervention in den Bereichen der Concept Mapping Gruppe die Werte Anzahl der Knoten (AKN), Tiefe des Vernetzungsgrades (GKN), Anzahl der fehlerhaften Begriffe (AFEHL), Anzahl der Fachbegriffe (AFach), in der Stichwortgruppe Anzahl der Stichworte (ASTICH) und Anzahl der fachlichen Stichworte (AFACHSTICH) verglichen.

Zunächst sollen die Ergebnisse der Concept Mapping-Gruppe vorgestellt werden.

Die Variable "Anzahl der Begriffe" (AKNvor - AKNnach) erhöht sich im Mittelwert von  $M_1$ =7,8 auf  $M_2$ =11,42. Insgesamt zeigt die Boxplot-Graphik, dass sich die Gruppen insgesamt nach der Intervention gesteigert haben. Das heißt, alle Probanden haben mehr Begriffe nach der Intervention benutzt als vor der Intervention, was zum Einen den positiven Effekt der Intervention unterstützt, zum Anderen die erfolgreiche Nutzung der Methode des Concept Mappings widerspiegelt. Proband 93 stellt sowohl vor als auch nach der Intervention einen Ausreißerfall dar, da er überdurchschnittlich viele Begriffe in beiden Concept Maps verwendet hat. Die Korrelationsmatrix 4.22 zeigt, dass die beiden Variablen positiv linear miteinander korrelieren (r=0,394; p=0,007), so dass von einem Zusammenhang mittlerer Stärke zwischen der Begriffsanzahl im Vortest und im Nachtest gesprochen werden kann. Dieses unterstützt die These, dass die Menge und Art des Vorwissen der Probanden einen erheblichen Einfluss auf den Lernerfolg hat.

#### Verarbeitete Fälle

|         |        | Fälle   |         |         |        |         |
|---------|--------|---------|---------|---------|--------|---------|
|         | Gültig |         | Fehlend |         | Gesamt |         |
|         | Ν      | Prozent | N       | Prozent | N      | Prozent |
| AKNvor  | 45     | 48,4%   | 48      | 51,6%   | 93     | 100,0%  |
| AKNnach | 45     | 48,4%   | 48      | 51,6%   | 93     | 100,0%  |

Abbildung 4.19: AKN verarbeitete Fälle

#### Deskriptive Statistik

|         |   | skriptive Statistik |           |   |
|---------|---|---------------------|-----------|---|
|         |   |                     | Statistik | Standardfehle                           |
| AKNvor  | Mittelwert                                |                     | 7,8889    | .52051                                  |
|         | 95% Konfidenzintervall                    | Untergrenze         | 6,8399    | , |
|         | des Mittelwerts                           | Obergrenze          | 8,9379    |   |
|         | 5% getrimmtes Mittel                      |                     | 7,6790    |   |
|         | Median                                    |                     | 7,0000    |   |
|         | Varianz                                   |                     | 12,192    |   |
|         | Standardabweichung                        |                     | 3,49169   |   |
|         | Minimum                                   |                     | 3,00      |   |
|         | Maximum                                   |                     | 19,00     |   |
|         | Spannweite                                |                     | 16,00     |   |
|         | Interquartilbereich                       |                     | 5,00      |   |
|         | Schiefe                                   |                     | ,908      | ,354                                    |
|         | Kurtosis                                  |                     | ,909      | ,695                                    |
| AKNnach | Mittelwert                                |                     | 11,4222   | ,58126                                  |
|         | 95% Konfidenzintervall<br>des Mittelwerts | Untergrenze         | 10,2508   |   |
|         | des Mittelwerts                           | Obergrenze          | 12,5937   |   |
|         | 5% getrimmtes Mittel                      |                     | 11,1852   |   |
|         | Median                                    |                     | 11,0000   |   |
|         | Varianz                                   |                     | 15,204    |   |
|         | Standardabweichung                        |                     | 3,89924   |   |
|         | Minimum                                   |                     | 6,00      |   |
|         | Maximum                                   |                     | 23,00     |   |
|         | Spannweite                                |                     | 17,00     |   |
|         | Interquartilbereich                       |                     | 5,00      |   |
|         | Schiefe                                   |                     | ,843      | ,354                                    |
|         | Kurtosis                                  |                     | ,613      | ,695                                    |

Abbildung 4.20: AKN deskriptive Statistiken

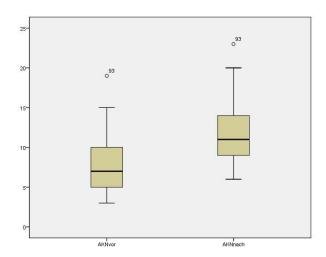


Abbildung 4.21: Boxplots der Variable AKN

#### Korrelationen

|         |                          | AKNvor | AKNnach |
|---------|--------------------------|--------|---------|
| AKNvor  | Korrelation nach Pearson | 1,000  | ,394    |
|         | Signifikanz (2-seitig)   |        | ,007    |
|         | N                        | 83     | 45      |
| AKNnach | Korrelation nach Pearson | ,394** | 1,000   |
|         | Signifikanz (2-seitig)   | ,007   |         |
|         | N                        | 45     | 48      |

<sup>\*\*.</sup> Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Abbildung 4.22: Korrelationsmatrix der Variable AKN

Die Variable GKN bezeichnet den Vernetzungsgrad oder die Tiefe der Vernetzung. Hier erhöhen sich die Werte von  $M_1$ =9,4 auf  $M_2$ =13,91. Auch bei dieser Variable zeigt sich, dass sich besonders die Spitzengruppe (obereren 25%) noch erheblich in der Vernetzungstiefe steigert, während die Probanden, die vor der Intervention wenig vernetzt haben, nach der Intervention zwar insgesamt mehr vernetzen, dies sich aber durchschnittlich nur von 3 auf 6 Punkte steigert. Bei der Spitzengruppe ist hinzuzufügen, dass die Werte im Nachtest breiter streuen als im Vortest, so dass sich zwar alle steigern, aber nicht in gleichem Maße. Die leistungsschwächsten Probanden aus der Spitzengruppe steigern ihre Vernetzungstiefe immerhin von 11 auf 15 Punkte. Die leistungsstärksten Probanden steigern sich von 19 auf 31 Punkte. Die Korrelationsmatrix 4.26 zeigt außerdem, dass zwischen Vernetzungsgrad im Vor- und Nachtest ein positiv linearer Zusammenhang mittlerer Stärke (r=0,402, p=0,006) besteht. Dies deutet darauf hin, dass auch die Qualität des Vorwissens sich auf den Lernerfolg der Probanden auszuwirken scheint.

Verarbeitete Fälle

|         | Fälle  |         |         |         |        |         |
|---------|--------|---------|---------|---------|--------|---------|
|         | Gültig |         | Fehlend |         | Gesamt |         |
|         | N      | Prozent | N       | Prozent | N      | Prozent |
| GKNvor  | 45     | 48,4%   | 48      | 51,6%   | 93     | 100,0%  |
| GKNnach | 45     | 48,4%   | 48      | 51,6%   | 93     | 100,0%  |

**Abbildung 4.23:** GKN verarbeitete Fälle

Deskriptive Statistik

|         |   |             | Statistik | Standardfehle |
|---------|---|-------------|-----------|---------------|
| GKNvor  | Mittelwert                                |             | 9,4444    | ,79108        |
|         | 95% Konfidenzintervall                    | Untergrenze | 7,8501    | '             |
|         | des Mittelwerts                           | Obergrenze  | 11,0388   |               |
|         | 5% getrimmtes Mittel                      |             | 9,0494    |               |
|         | Median                                    |             | 8,0000    |               |
|         | Varianz                                   |             | 28,162    |               |
|         | Standardabweichung                        |             | 5,30675   |               |
|         | Minimum                                   |             | 3,00      |               |
|         | Maximum                                   |             | 26,00     |               |
|         | Spannweite                                |             | 23,00     |               |
|         | Interquartilbereich                       |             | 6,50      |               |
|         | Schiefe                                   |             | 1,126     | ,354          |
|         | Kurtosis                                  |             | ,984      | ,695          |
| GKNnach | Mittelwert                                |             | 13,9111   | ,94003        |
|         | 95% Konfidenzintervall<br>des Mittelwerts | Untergrenze | 12,0166   |               |
|         | des millemens                             | Obergrenze  | 15,8056   |               |
|         | 5% getrimmtes Mittel                      |             | 13,4753   |               |
|         | Median                                    |             | 12,0000   |               |
|         | Varianz                                   |             | 39,765    |               |
|         | Standardabweichung                        |             | 6,30592   |               |
|         | Minimum                                   |             | 6,00      |               |
|         | Maximum                                   |             | 31,00     |               |
|         | Spannweite                                |             | 25,00     |               |
|         | Interquartilbereich                       |             | 9,00      |               |
|         | Schiefe                                   |             | 1,048     | ,354          |
|         | Kurtosis                                  |             | ,460      | ,695          |

Abbildung 4.24: GKN deskriptive Statistiken

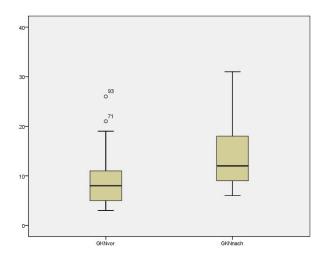


Abbildung 4.25: Boxplots der Variable GKN

#### Korrelationen

|         |                          | GKNvor | GKNnach |
|---------|--------------------------|--------|---------|
| GKNvor  | Korrelation nach Pearson | 1,000  | ,402**  |
|         | Signifikanz (2-seitig)   |        | ,006    |
|         | N                        | 83     | 45      |
| GKNnach | Korrelation nach Pearson | ,402** | 1,000   |
|         | Signifikanz (2-seitig)   | ,006   |         |
|         | N                        | 45     | 48      |

<sup>\*\*.</sup> Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Abbildung 4.26: Korrelationsmatrix der Variable GKN

Die Variable "Anzahl der Fehlkonzepte" (AFEHLvor - AFEHLnach) zählt die fehlerhaften Begriffe in den Concept Maps. Hier erhöht sich der Wert überraschender Weise ebenfalls von  $M_1$ =0,04 auf  $M_2$ =0,4 . Während die überwiegende Zahl der Probanden (> 84%) vor und nach der Intervention keine fehlerhaften Begriffe in ihren Concept Maps hat, so gibt es zwei Fälle die vor der Intervention zwar fehlerhafte Begriffe verwenden, dies aber nach der Intervention nicht mehr tun. Gleichzeitig gibt es eine Gruppe von 7 Fällen, die nach der Intervention jeweils bis zu 5 fehlerhafte Begriffe verwenden. Inhaltlich beziehen sich diese Fehlkonzepte vorwiegend auf Aussagen, wie "Ein Feuer kann man nicht mit Wasser löschen". Dies hängt vermutlich mit dem in der Intervention gezeigten Fettbrand zusammen, welcher zu dieser übergeneralisierten Aussage geführt haben könnte. Zudem befinden sich die Fälle 68 - 93 in einer Klasse, was außerdem auf einen Klassen- oder Gruppeneffekt hinweisen könnte. Eventuell ist hier etwas nach der Intervention in der Klasse kommuniziert worden, was zu diesen Fehlkonzepten geführt hat. Diese Variablen korrelieren nicht signifikant miteinander.

#### Verarbeitete Fälle

|           |        | Fälle   |         |         |        |         |
|-----------|--------|---------|---------|---------|--------|---------|
|           | Gültig |         | Fehlend |         | Gesamt |         |
|           | Ν      | Prozent | N       | Prozent | N      | Prozent |
| AFEHLvor  | 44     | 47,3%   | 49      | 52,7%   | 93     | 100,0%  |
| AFEHLnach | 44     | 47,3%   | 49      | 52,7%   | 93     | 100,0%  |

Abbildung 4.27: AFEHL verarbeitete Fälle

#### Deskriptive Statistik

|            |                        |             | Statistik | Standardfehle |
|------------|------------------------|-------------|-----------|---------------|
| AFEHLvor   | Mittelwert             |             |           |               |
| AI LIILVOI | 95% Konfidenzintervall | Untermone   | ,0455     | ,03177        |
|            | des Mittelwerts        | Untergrenze | -,0186    |               |
|            | 50/ Min-1              | Obergrenze  | ,1095     |               |
|            | 5% getrimmtes Mittel   |             | ,0000     |               |
|            | Median                 |             | ,0000     |               |
|            | Varianz                |             | ,044      |               |
|            | Standardabweichung     |             | ,21071    |               |
|            | Minimum                |             | ,00       |               |
|            | Maximum                |             | 1,00      |               |
|            | Spannweite             |             | 1,00      |               |
|            | Interquartilbereich    |             | ,00       |               |
|            | Schiefe                |             | 4,520     | ,357          |
|            | Kurtosis               |             | 19,306    | ,702          |
| AFEHLnach  | Mittelwert             |             | ,4091     | ,14655        |
|            | 95% Konfidenzintervall | Untergrenze | ,1135     |               |
|            | des Mittelwerts        | Obergrenze  | ,7046     |               |
|            | 5% getrimmtes Mittel   |             | ,2424     |               |
|            | Median                 |             | ,0000     |               |
|            | Varianz                |             | .945      |               |
|            | Standardabweichung     |             | .97213    |               |
|            | Minimum                |             | .00       |               |
|            | Maximum                |             | 5,00      |               |
|            | Spannweite             |             | 5.00      |               |
|            | Interquartilbereich    |             | .00       |               |
|            | Schiefe                |             | 3,212     | .357          |
|            | Kurtosis               |             | 11,862    | .702          |
|            | 110110010              |             | 11,002    | ,702          |

Abbildung 4.28: AFEHL deskriptive Statistiken

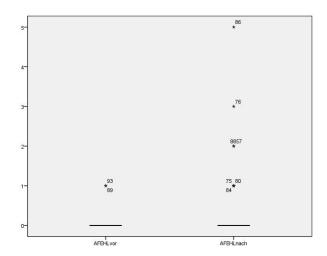


Abbildung 4.29: Boxplots der Variable AFEHL

Die Variable "Anzahl der Fachbegriffe" (AFACHvor - AFACHnach) erhöht sich von  $M_1$ =0,86 auf  $M_2$ =2,8 , was auf einen deutlichen Lernzuwachs in fachlicher Hinsicht schließen lässt. Während die Hälfte der Probanden vor der Intervention keinen oder einen Fachbegriff verwendet, so verwenden nach der Intervention die Hälfte der Probanden bis zu drei, durchschnittlich aber wenigsten einen Fachbegriff. Die Spitzengruppe verwendet 5 bis 6 Fachbegriffe. Eine signifikante Korrelation konnte zwischen den Variablen nicht ermittelt werden.

| Verail before to alle |    |                       |    |         |    |         |
|-----------------------|----|-----------------------|----|---------|----|---------|
|                       |    | Fälle                 |    |         |    |         |
|                       | Gü | Gültig Fehlend Gesamt |    |         |    |         |
|                       | N  | Prozent               | N  | Prozent | N  | Prozent |
| AFACHCMvor            | 44 | 47,3%                 | 49 | 52,7%   | 93 | 100,0%  |
| AFACHnach             | 44 | 47,3%                 | 49 | 52,7%   | 93 | 100,0%  |

Abbildung 4.30: AFACH verarbeitete Fälle

| Deskriptive Statistik |   |             |           |               |  |
|-----------------------|---|-------------|-----------|---------------|--|
|                       |   |             | Statistik | Standardfehle |  |
| AFACHCMvor            | Mittelwert                                |             | ,8636     | ,13636        |  |
|                       | 95% Konfidenzintervall                    | Untergrenze | ,5886     |               |  |
|                       | des Mittelwerts                           | Obergrenze  | 1,1386    |               |  |
|                       | 5% getrimmtes Mittel                      |             | ,7980     |               |  |
|                       | Median                                    |             | 1,0000    |               |  |
|                       | Varianz                                   |             | ,818,     |               |  |
|                       | Standardabweichung                        |             | ,90453    |               |  |
|                       | Minimum                                   |             | ,00       |               |  |
|                       | Maximum                                   |             | 3,00      |               |  |
|                       | Spannweite                                |             | 3,00      |               |  |
|                       | Interquartilbereich                       |             | 1,75      |               |  |
|                       | Schiefe                                   |             | ,675      | ,35           |  |
|                       | Kurtosis                                  |             | -,535     | ,70           |  |
| AFACHnach             | Mittelwert                                |             | 2,8409    | ,3168         |  |
|                       | 95% Konfidenzintervall<br>des Mittelwerts | Untergrenze | 2,2020    |               |  |
|                       |   | Obergrenze  | 3,4798    |               |  |
|                       | 5% getrimmtes Mittel                      |             | 2,8232    |               |  |
|                       | Median                                    |             | 3,0000    |               |  |
|                       | Varianz                                   |             | 4,416     |               |  |
|                       | Standardabweichung                        |             | 2,10142   |               |  |
|                       | Minimum                                   |             | ,00       |               |  |
|                       | Maximum                                   |             | 6,00      |               |  |
|                       | Spannweite                                |             | 6,00      |               |  |
|                       | Interquartilbereich                       |             | 4,00      |               |  |
|                       | Schiefe                                   |             | ,141      | ,35           |  |
|                       | Kurtosis                                  |             | -1,290    | ,70           |  |

Abbildung 4.31: AFACH deskriptive Statistiken

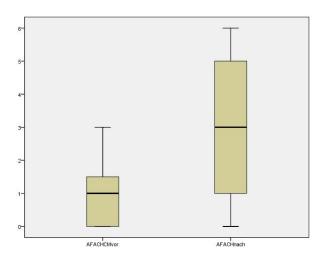


Abbildung 4.32: Boxplots der Variable AFACH

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich alle gemessenen Werte der Mapping-Gruppe nach der Intervention steigern. Dieses spricht für einen ausreichenden Input an neuen Begriffen und Strukturen durch die Intervention und die erfolgreiche Nutzung der Mappingmethode. Die Erhöhung der Anzahl der Fehlkonzepte kann, da es sich um einen sehr geringen Zuwachs handelt und zudem durch eine offenbar übergeneralisierte Versuchsdeutung hervorgerufen wurde, als wenig relevant eingeschätzt werden.

Schließlich werden die Ergebnisse der Stichwort-Gruppe vorgestellt.

Die Variable "Anzahl der Stichworte" (ASTICHvor - ASTICHnach) erhöht sich im Durchschnitt von  $M_1$ =12,31 auf  $M_2$ =22,09. Dies ist ein deutlicher Zuwachs, welcher durch vereinzelte Ausreißer sowohl vor als auch nach der Intervention begleitet wird. Im Gegensatz zur Concept Mapping-Gruppe verbessern sich hier die Probanden offensichtlich in unterschiedlichen Ausprägungen. Da keine signifikante Korrelation zwischen diesen Variablen ermittelt werden konnte, ist davon auszugehen, dass sich auch vereinzelt Probanden verschlechtert haben.

Verarbeitete Fälle

|            | Fälle  |         |         |         |        |         |
|------------|--------|---------|---------|---------|--------|---------|
|            | Gültig |         | Fehlend |         | Gesamt |         |
|            | Ν      | Prozent | N       | Prozent | N      | Prozent |
| ASTICHvor  | 41     | 44,1%   | 52      | 55,9%   | 93     | 100,0%  |
| ASTICHnach | 41     | 44,1%   | 52      | 55,9%   | 93     | 100,0%  |

Abbildung 4.33: ASTICH verarbeitete Fälle

Deskriptive Statistik

|            |   |             | Statistik | Standardfehle |
|------------|---|-------------|-----------|---------------|
| ASTICHvor  | Mittelwert                                |             | 12,3171   | ,83040        |
|            | 95% Konfidenzintervall                    | Untergrenze | 10,6388   |               |
|            | des Mittelwerts                           | Obergrenze  | 13,9954   |               |
|            | 5% getrimmtes Mittel                      |             | 11,9959   |               |
|            | Median                                    |             | 11,0000   |               |
|            | Varianz                                   |             | 28,272    |               |
|            | Standardabweichung                        |             | 5,31714   |               |
|            | Minimum                                   |             | 3,00      |               |
|            | Maximum                                   |             | 28,00     |               |
|            | Spannweite                                |             | 25,00     |               |
|            | Interquartilbereich                       |             | 5,50      |               |
|            | Schiefe                                   |             | ,912      | ,369          |
|            | Kurtosis                                  |             | 1,166     | ,724          |
| ASTICHnach | Mittelwert                                |             | 22,0976   | 1,38890       |
|            | 95% Konfidenzintervall<br>des Mittelwerts | Untergrenze | 19,2905   |               |
|            | des Mittelwerts                           | Obergrenze  | 24,9046   |               |
|            | 5% getrimmtes Mittel                      |             | 21,6694   |               |
|            | Median                                    |             | 20,0000   |               |
|            | Varianz                                   |             | 79,090    |               |
|            | Standardabweichung                        |             | 8,89327   |               |
|            | Minimum                                   |             | 8,00      |               |
|            | Maximum                                   |             | 48,00     |               |
|            | Spannweite                                |             | 40,00     |               |
|            | Interquartilbereich                       |             | 12,50     |               |
|            | Schiefe                                   |             | ,861      | ,369          |
|            | Kurtosis                                  |             | ,427      | ,724          |

Abbildung 4.34: ASTICH deskriptive Statistiken

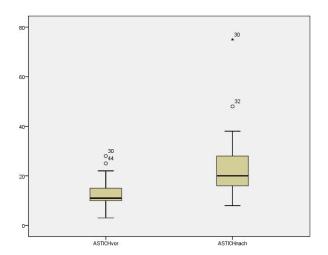


Abbildung 4.35: Boxplots der Variable ASTICH

Auch die Variable "Anzahl der fachlichen Stichworte" (AFACHSTICHvor - AFACHSTICHnach) kann als wirksame Steigerung beschrieben werden. Der Mittelwert steigert sich von  $M_1$ =1,12 auf M-2=4,14 .

Während sich die Anzahl der fachlichen Begriffe vor der Intervention zwischen 0 und 4 Punkte bewegten, so zeigen die Stichwortlisten nach der Intervention einen deutlichen Zuwachs, indem sie sich zwischen 4 und 10 Punkten bewegen. Besonders die Probanden des unteren Leistungsfeldes (untere 25% des Feldes) profitieren in fachlicher Hinsicht von der Intervention, indem sie deutlich mehr fachliche Begriffe in ihren Stichwortlisten aufzeigen. Die Korrelationsmatrix 4.39 zeigt, dass die beiden Variablen hoch signifikant miteinander korrelieren.

|             | Fälle                 |         |    |         |     |         |
|-------------|-----------------------|---------|----|---------|-----|---------|
|             | Gültig Fehlend Gesamt |         |    |         | amt |         |
|             | N                     | Prozent | N  | Prozent | N   | Prozent |
| AFACHSTvor  | 41                    | 44,1%   | 52 | 55,9%   | 93  | 100,0%  |
| AFACHSTnach | 41                    | 44,1%   | 52 | 55,9%   | 93  | 100,0%  |

Verarbeitete Fälle

Abbildung 4.36: AFACHSTICH verarbeitete Fälle

|             | Desk                                      | riptive Statistik |           |                    |
|-------------|---|-------------------|-----------|--------------------|
|             |   |                   | Statistik | Standardfehle<br>r |
| AFACHSTvor  | Mittelwert                                |                   | 1,1220    | ,17529             |
|             | 95% Konfidenzintervall                    | Untergrenze       | ,7677     |                    |
|             | des Mittelwerts                           | Obergrenze        | 1,4762    |                    |
|             | 5% getrimmtes Mittel                      |                   | 1,0257    |                    |
|             | Median                                    |                   | 1,0000    |                    |
|             | Varianz                                   |                   | 1,260     |                    |
|             | Standardabweichung                        |                   | 1,12239   |                    |
|             | Minimum                                   |                   | ,00       |                    |
|             | Maximum                                   |                   | 4,00      |                    |
|             | Spannweite                                |                   | 4,00      |                    |
|             | Interquartilbereich                       |                   | 2,00      |                    |
|             | Schiefe                                   |                   | ,864      | ,369               |
|             | Kurtosis                                  |                   | ,272      | ,724               |
| AFACHSTnach | Mittelwert                                |                   | 4,1463    | ,35193             |
|             | 95% Konfidenzintervall<br>des Mittelwerts | Untergrenze       | 3,4351    |                    |
|             | des millemens                             | Obergrenze        | 4,8576    |                    |
|             | 5% getrimmtes Mittel                      |                   | 4,0528    |                    |
|             | Median                                    |                   | 4,0000    |                    |
|             | Varianz                                   |                   | 5,078     |                    |
|             | Standardabweichung                        |                   | 2,25345   |                    |
|             | Minimum                                   |                   | 1,00      |                    |
|             | Maximum                                   |                   | 10,00     |                    |
|             | Spannweite                                |                   | 9,00      |                    |
|             | Interquartilbereich                       |                   | 4,00      |                    |
|             | Schiefe                                   |                   | ,360      | ,369               |
|             | Kurtosis                                  |                   | -,357     | ,724               |

Abbildung 4.37: AFACHSTICH deskriptive Statistiken

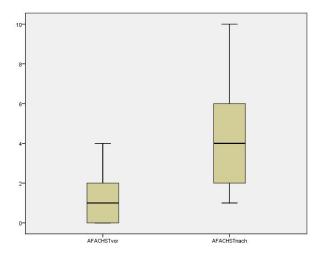


Abbildung 4.38: Boxplots der Variable AFACHSTICH

| ĸ | ori | rel: | ati. | or | 101 |
|---|-----|------|------|----|-----|

|             |                          | AFACHSTvor | AFACHSTnac<br>h |
|-------------|--------------------------|------------|-----------------|
| AFACHSTvor  | Korrelation nach Pearson | 1,000      | ,428            |
|             | Signifikanz (2-seitig)   |            | ,005            |
|             | N                        | 87         | 41              |
| AFACHSTnach | Korrelation nach Pearson | ,428**     | 1,000           |
|             | Signifikanz (2-seitig)   | ,005       |                 |
|             | N                        | 41         | 43              |

<sup>\*\*.</sup> Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Abbildung 4.39: Korrelationsmatrix der Variable AFACHSTICH

Zusammenfassend kann der Zuwachs von Begriffen in allen untersuchten Bereichen der Stichwort-Gruppe als deutliche Erhöhung beschrieben werden. Hier scheint sich ebenfalls zu bestätigen, dass der Input in der Intervention zu vielen neuen Begriffen und Konzepten geführt hat und demnach insgesamt als lernförderlich beschrieben werden kann. Die Korrelation der fachlichen Stichworte des Vor- und Nachtest unterstützen wie die Korrelationen, die aus der Concept Mapping Gruppe ermittelt wurden, die These, dass das Vorwissen sich in quantitativer und qualitativer Hinsicht positiv auf den Lernzuwachs auswirken kann. Im Hinblick auf Möglichkeiten der Diagnose stellt das Concept Mapping allerdings die differenziertere Methode dar, da die Qualität sich im Vernetzungsgrad nachvollziehen und damit auch bewerten lässt.

# 4.8 Ergebnisse der Untersuchung - Interpretation

Die Ergebnisse der Untersuchung sind vielschichtig und erbringen reichhaltige Erkenntnisse über das Lernen mit Concept Maps. Die Interpretation der Ergebnisse soll sich auf wesentliche Aspekte fokussieren, wobei das Kriterium der Viabiltät für die Auswahl der Ergebnisse leitend war. Die für mögliche Didaktische Strukturierungen relevanten Ergebnisse charakterisieren dabei die Auswahl.

Im Folgenden werden die für das Arbeiten mit Concept Maps im Unterricht relevanten Ergebnisse der Untersuchung mit Vergleichshorizonten unterschiedlicher Fachdisziplinen - z. B. Chemiedidaktik und Lernpsychologie - in Verbindung gebracht und im Hinblick auf ihren Gehalt bezüglich didaktischer Leitlinien interpretiert. Die normativ formulierten Leitlinien werden in der Didaktischen Strukturierung expliziert.

# 4.8.1 *Networking* - Die Tiefe der Vernetzung in einer Concept Map wirkt sich positiv auf den Lernprozess aus

Mit der Hypothese 6 wurde die Tiefe des Vernetzungsgrades und das Abschneiden beim Wissenstest in Beziehung gesetzt. Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass der Grad der Vernetzung sich positiv auf das Ergebnis des Wissenstest auswirkt. Auch die weiteren Ergebnisse 1 und 3 unterstützen die These, dass die tiefe Vernetzung der Begriffe eine entscheidende Rolle bei diesem Lernprozess gespielt hat, indem das Verstehen von wichtigen Sachzusammenhängen tiefer in die bestehenden Strukturen integriert wurde als bei weniger tiefen Vernetzungen. Dieses Ergebnis zeigt sehr eindrucksvoll, dass die an Concept Maps herangetragenen Erwartungen bezüglich der Vernetzung erfüllt werden.

Es stellt sich die Frage, wie diese Ergebnisse erklärt werden können. Hier helfen die Erkenntnisse aus dem Bereich der modernen Neurobiologie (die folgenden Aussagen gehen zurück auf Springer 1998):

Es wird davon ausgegangen, dass das rechts liegende Hirnzentrum die visuellen Wahrnehmungsfunktionen unterstützt. Alle Bilder, die das Auge erfasst, werden hier verarbeitet und gespeichert. Die rechte Gehirnhälfte ist außerdem für die Gefühle zuständig. Hier werden Vorlieben und Antipathien, Inspirationen und Verstimmungen zu wahrnehmbaren Informationen verarbeitet. Auch wenn das Gefühl der Intuition gebraucht wird, ist die rechte Hemisphäre beteiligt. Diesem Teil werden auch die kreativen und phantasievollen Fähigkeiten des Menschen zugesprochen sowie die Fähigkeit sich einen Überblick zu verschaffen.

Die linke Gehirnhälfte ist vor allem für das Speichern und Wiederfinden von Daten und sprachlichen Elementen zuständig. Zahlen, Formeln und Fakten werden hier, wie in einem Computer, gespeichert. Alles, was erlernt wurde, wie Fachwissen, aber auch handwerkliche Tätigkeiten und mechanische Abläufe, wie das Zähneputzen, werden hier gespeichert. Es gibt allerdings eine Verbindung zwischen den beiden Gehirnhälften: den Gorpus callosum, einen dicken Nervenstrang, der auch für die Integration von Faktenwissen und Emotionen sorgt. Besonders das Wernicke Areal, welches für das Sprachverständnis zuständig ist und das Broca Areal, das die Sprachmotorik steuert, werden auf der linken Hemisphäre beim Concept Mapping genutzt. Hinzukommen die motorischen und sensorischen Assoziationsfelder, welche von der rechten Gehirnhälfte gesteuert und verarbeitet werden.

Bei Kindern entwickeln sich zunächst die kreativen Fähigkeiten. Beim phantasievollen Spielen, Singen und Malen wird mehr Gebrauch vom Rechtshirn gemacht. Sie sind häufig gefesselt von der Welt der Bilder. Erst mit dem Eintritt in die Institution Schule wird vermehrt Wert auf die Fähigkeiten des linken Gehirns gelegt. Rechnen, Schreiben und Buchstabieren gehören in diesen Bereich. Häufig liegt das Hauptaugenmerk der Lehrkräfte auf der Entwicklung der strukturellen, analytischen Fähigkeiten von Kindern, die dann zu Gunsten der schöpferischen, phantasievoll gestalterischen Fähigkeiten überrepräsentativ unterrichtet werden. Deshalb wäre es günstig, eine Methode mit einzubeziehen, die beide Bereiche anspricht und verbindet. Das Concept Mapping bietet diese Möglichkeit. Zum Einen werden strukturelle Zusammenhänge abgebildet und sinnvoll miteinander verbunden. Das Sprachzentrum wird bei der Bedeutungssuche und -bildung angesprochen und gefördert. Zum Anderen werden kreative Fähigkeiten benötigt und gefördert, die dazu dienen, Assoziationsfelder herzustellen und die Begriffseinheiten in einem Bild, einer graphischen Abbildung, darzustellen. Was entsteht, könnte man auch Wissenslandkarte, bestehend aus Begriffen und Kognitionen, sowie graphischen Elementen nennen. Diese "Landkarte" beinhaltet allerdings auch emotionale und affektive Assoziationen, die beim Lernprozess mit "abgebildet" wurden.

Für das Lernen von naturwissenschaftlichen Inhalten bedeutet die Vernetzung vor allem die Möglichkeit, einen Überblick zu erlangen und unterschiedliche Aspekte miteinander in Beziehung setzen zu können. Das Netz, in das neue Begriffe von Grundschülern eingebettet werden, ist auf Grund seines Themas stark emotional geprägt; dies zeigen auch die Ergebnisse der Schülervorstellungen (vgl. Kapitel 5), welche stark emotional gefärbte Aussagen, wie *Feuer ist gefährlich* oder *Feuer ist tödlich* beinhalten.

Für den Unterricht stellt dieses Ergebnis einen besonderen Nutzen dar: Der Blick auf die emotionale Seite des Netzwerkes wird diagnostizierbar und sollte auch im Hinblick auf die vielfach zitierte Forderung danach, die Kinder da abzuholen, wo sie stehen, eingelöst werden. Für Grund-

schüler sind die emotionalen Faktoren eines Themas maßgebend und man könnte evtl. so weit gehen hier die Grundlage des Unterrichts nicht nur auf den Schülervorstellungen sondern auch auf den Schüler-"Gefühlen" aufzubauen. Dies kann auch durch weiter Ergebnisse der Untersuchung gestützt werden; mit Hypothese 5 wurde die Methode des Concept Mappings in Zusammenhang mit den kognitiven Fähigkeiten der Probanden untersucht. Das Ergebnis zeigte, dass die kognitiven Fähigkeiten keinen Einfluss auf das erfolgreiche Lernen mit Concept Maps haben und unterstützt somit die These des großen Einflusses emotional geprägter Konzepte und ihrer Auswirkung auf den Lernprozess.

## 4.8.2 Concept Maps und kognitive Leistungen

Zur Klärung der in Hypothese 5 formulierten Aspekte wurde der Einfluss der kognitiven Fähigkeiten auf das Lernen mit Concept Maps hin untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die kognitiven Fähigkeiten der Probanden keinen nachweisbaren Einfluss auf das erfolgreiche Lernen mit Concept Maps hatten. Die Erwartungen hinsichtlich dieses Faktors konnten somit in der Untersuchung nicht bestätigt werden und bedürfen einer Klärung.

Wissensstrukturen zu explizieren ist keine Frage der kognitiven Leistungen, sondern beruht vielmehr auf den Fähigkeiten des Schülers mit der jeweiligen Methode umzugehen (Zaus 2000). Obwohl die jeweiligen Wissensstrukturen je nach kognitiven Leistungen unterschiedlich und hoch individuell sind, so konnte die Untersuchung zeigen, dass das erfolgreiche Lernen mit Concept Maps dennoch möglich ist. Jegede (1990) konnte feststellen, dass das Concept Mapping helfen kann, indem die Schülern den Überblick über ein komplexes Sachgebiet erlangen. Dies könnte gerade leistungsschwächeren Schülern helfen, indem Transparenz hergestellt wird. Die Vermutung liegt nahe, dass hierin die Erklärung für diese Ergebnis zu finden ist.

Ein weiterer Faktor, welcher die Unabhängigkeit des Lernerfolges von allgemeinen kognitiven Fähigkeiten erklären könnte, ist die große Motivation für das Thema oder die Abhängigkeit des Kontextes. Das Thema "Feuer" ist für Grundschüler allgemein ein hoch motivierendes und die Lerninhalte, die in der hier vorgestellten Intervention vermittelt wurden, sind altersgerecht ausgesucht und ermöglichen neben dem Erwerb von fachlichem Wissen auch die Möglichkeit, eigene Fragestellungen zu entwickeln und diesen nachzugehen. Das erhöht die Motivation für das Thema. Trotz dieser allgemein hohen Motivation konnte allerdings ein größerer Lernerfolg (bezogen auf die Leistungen im Wissenstest) nur bei der Concept Mapping Gruppe verzeichnet werden. Das heißt, ein wesentlicher Faktor für das gute Abschneiden beim Wissenstest ist ggf. in der Methode begründet und weniger in den kognitiven Leistungen der Schüler. Dies bedeutet für das Lernen mit Concept Maps, dass das vielfach verwendete Argument, dass von dieser Methode eher die kognitiv fähigeren Schüler profitieren (vgl. Jüngst 1995), für die hier untersuchte Lerngruppe nicht zutrifft. Die Frage, der in diesem Zusammenhang nachgegangen werden muss ist, ob dies sich durch die Altersunterschiede - hier Grundschüler, Jüngst (1995) untersuchte Oberstufenschüler erklären lässt.

Für den Unterricht stellt dieses Ergebnis einen entscheidenden Faktor dar: Da die Methode unabhängig von den kognitiven Leistungen der Schüler ein erfolgreiches Lernen begünstigen kann, kann sie von allen Schülern genutzt werden und nicht nur von einer Auswahl. Somit ließe sich das vernetzte Lernen auch mit relativ einfachen Mitteln mit allen Schülern, unabhängig ihrer kognitiven Fähigkeiten, realisieren.

## 4.8.3 Concept Maps und Fachbegriffe

"Fachbegriffe verhalten sich wie Fettaugen auf einer Suppe von Alltagsbegriffen" 18

Hypothese 2 versuchte den Zusammenhang zwischen verwendeten Fachbegriffen und der Lerneffizienz herzustellen und zu prüfen. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass es einen Zusammenhang zwischen der Anzahl der verwendeten Fachbegriffe und dem Abschneiden beim Wissenstest gibt. Dies deutet darauf hin, dass die fachsprachlichen Begriffe eine zentrale Rolle beim erfolgreichen Lernprozess spielen.

An dieser Stelle wird geklärt, welchen Einfluss die Fachbegriffe auf das Lernen haben können und in welchem Verhältnis sie zum speziellen Lerngegenstand stehen. Der naturwissenschaftliche Unterricht führt über beobachtbare Phänomene und Experimente in seine Problemfelder, Erkenntnisse und Gesetzmäßigkeiten ein. Dazu müssen diese Problemfelder anschaulich präsentiert und nachvollziehbar erfahren werden. Die große Chance des naturwissenschaftlichen Unterrichts liegt darin, dass der Lernende sich Erkenntnisse und Gesetzmäßigkeiten selbst zu erschließen lernt. Dazu ist die Verwendung spezieller Fachausdrücke notwendig und muss durch den Unterricht gefördert werden. Kubli (1981) erläutert, dass die Kunst des Unterrichtens darin bestünde, "die Schüler dazu zu bringen, Phänomene mittels eines begrifflichen Instrumentariums zu deuten"(S.13). Für die Grundschule ist die Verwendung von Fachbegriffen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht durch die curricularen Vorgaben nicht explizit vorgegeben; in der Sekundarstufe I wird im Kerncurriculum gefordert, dass die Schüler "die Symbol- und Fachsprache kennen, verstehen und anwenden sollen" (S. 6). Darüber hinaus wird gefordert, dass die Schüler Alltags- und Fachsprache voneinander unterscheiden können (ebd. S. 9) und dieser Wechsel im Unterricht eingeübt wird (ebd. S. 18). Dazu müssen die Sprachebenen bewußt ausgewählt werden.

Für die Arbeit mit Concept Maps hat es sich in der vorliegenden Untersuchung als lernwirksamer erwiesen, wenn die Schüler Fachbegriffe benutzt haben. Dieses wurde durch den positiven Zusammenhang zwischen der Anzahl der verwendeten Fachbegriffe und den Ergebnissen beim Wissenstest (vgl. Hypothese 2) ermittelt. Um die Bedeutung der verwendeten Fachbegriffe im Kontext von naturwissenschaftlichen Unterricht allgemein, dem speziellen Thema Feuer und Verbrennungsprozesse im Speziellen und im Hinblick auf die Arbeit mit Concept Maps zu interpretieren, werden Vergleichshorizonte aus den Bereichen Chemiedidaktik, Lernpsychologie und Linguistik herangezogen.

Wenn Humbold sagt: "Die Sprache ist das bildende Organ der Gedanken" (Humbold 1949:52), dann stellen die Begriffe die Bausteine für diesen Prozess dar. Wygotski, der das Denken in Abhängigkeit zur sprachlichen Entwicklung sieht, spricht auch vom "inneren Sprechen", welches als das Denken mit reinen (definierten) Bedeutungen und Begriffen beschrieben werden kann (Wygotski 1986). Für die Naturwissenschaften stellen diese definierten Begriffe und Bedeutungen die Grundlage der Fachsprache dar, welche vom Lernenden mit erheblichem kognitiven Aufwand erlernt werden muss. Merzyn (1998b) macht deutlich, dass das Erlernen der Fachsprache und der ihr eigenen Begrifflichkeiten sich aus der Alltagssprache der Lernenden heraus entwickelt und diese die notwendige Voraussetzung und das Hilfsmittel zugleich ist, durch das die Fachsprache allmählich vervollkommnet wird. Auch Wagenschein weist darauf hin, dass der Lernende im Zuge des Lernprozesses "selber sprechen können [muss], "wie ihm der Schnabel gewachsen ist" (Wagenschein 1970:63). Um die Alltagssprache im Hinblick auf eine naturwissenschaftliche Fachsprache hin zu konkretisieren, bedarf es nach Merzyn (1998a) einem stetigen und nachhalti-

<sup>&</sup>lt;sup>18</sup>zitiert nach : Merzyn (1998b)

gen Umgang mit diesen Begiffen. Der aktive Aneignungsprozess von Erkenntnissen und Wissen wird im Erlernen der fachlichen Begriffe Rechnung getragen und durch diesen unterstützt. Ussova u.a. (1985; zit. nach Merzyn 1998a) stellt für die Aneignung von Begriffen im schulischen Kontext folgende 7 Kriterien auf:

- Ermitteln der wesentlichen Merkmale des Begriffs auf der Grundlage von Beobachtungen der Objekte, ihres Vergleichs, durch Arbeit mit dem Lehrbuch, Analyse graphischer Darstellungen, Bilder oder Gleichungen und mit anderen Verfahren.
- 2. Synthetisieren der Merkmale zur Definition des Begriffes.
- 3. Durchführen von Übungen zur Abgrenzung der wesentlichen Merkmale des Begriffs von unwesentlichen Merkmalen des betreffenden Begriffs [...].
- 4. Abgrenzen des Begriffs von früher gelernten Begriffen durch Vergleich der Merkmale ähnlicher Begriffe und Aufdecken des Allgemeinen und Besonderen.
- Ermitteln der Verbindungen und Beziehungen zwischen dem neuen Begriff und anderen Begriffen.
- 6. Anwenden des Begriffs beim Lösen von Aufgaben, wodurch die Merkmale des Begriffs weiter präzisiert werden.
- 7. Klassifizieren und Systematisieren der Begriffe.

Für die Untersuchungen im Rahmen der vorliegenden Studie war es notwendig, die Lerneffektivität der Methode des Concept Mappings anhand von Begriffen und ihren Relationen zu messen; diese setzen aber eine handelnde Auseinandersetzung mit konkreten Fachinhalten - in diesem Fall die in einer Intervention durch Experimente erworbenen (Fach-)Begriffe wie z.B. Sauerstoff, Brennstoff etc. - voraus. Die fachliche Klärung des Lerngegenstandes *Feuer und Verbrennungs-prozesse* (vgl. Kapitel 4.4) wurde somit ebenfalls Bestandteil der Arbeit wie die zur Integration notwendige Erhebung der Schülervorstellungen (vgl Kapitel 5). Die Bildung von Fachbegriffen und die Ergebnisse der Messung der Lernwirksamkeit mit Hilfe von Concept Mappings bedingen sich also gegenseitig, indem hier die verwendeten Fachbegriffe eine entscheidende Rolle für den Lernerfolg darstellen und stehen somit in der Tradition von erfolgreichen Begriffsbildungsprozessen.

Aus den Erkenntnissen von Chemiedidaktik und Linguistik stellt das Erlernen der fachspezifischen Begrifflichkeiten eine notwendige Instanz beim Lernprozess dar. Für die Lernwirksamkeit im Bereich der Arbeit mit Concept Maps stellen die Fachbegriffe einen der Schlüssel für den erfolgreichen Lernprozess dar. Für die Umsetzung im Unterricht - mögliche didaktische Strukturierungen und Leitlinien - sollte das Erlernen der fachspezifischen Begriffe auch für Grundschüler eine zentrale Rolle spielen.

In der Interpretation der Ergebnisse dieser Untersuchung wurden die Aspekte der tiefen Vernetzung, der Unabhängigkeit der Lerneffektivität von kognitiven Fähigkeiten und den großen Einfluss der fachlichen Begriffe herausgestellt. Dabei wurden Vergleichshorizonte aus unterschiedlichen Fachdisziplinen herangezogen. Diese Vergleichshorizonte weiten den Blick auf die beteiligten Lernprozesse aus und sollen der Interpretation die nötige Tiefe geben. Sowohl für die Forschung im Bereich der Leistungsfähigkeit und der Effizienz der Methode des Concept Mappings als auch für den schulischen Unterricht im Grundschulbereich stellen die Ergebnisse eine

wichtige Grundlage dar und bieten ausreichend Möglichkeiten weiterführender, vertiefender Untersuchungen. In einem weiteren Schritt bedarf es der konkreten Umsetzung der hier aufgestellten Forderungen im Rahmen einer Didaktischen Strukturierung. Zusammen mit den Ergebnissen der anderen Teiluntersuchungen zu Schülervorstellungen und der fachdidaktischen Klärung des Lerngegenstandes wird dieser Anspruch in Kapitel 8 eingelöst. Im Folgenden sollen zunächst die Ergebnisse der anderen beiden Teiluntersuchungen vorgestellt werden.

# 5 Schülervorstellungen

## 5.1 Schülervorstellungen - Theoretischer Rahmen

Schülervorstellungen zu einem Sachgebiet und vorunterrichtliche Vorstellungen sind eine wichtige Voraussetzungen für bedeutungsvolle Lernprozesse. Dies wird in der wissenschaftlichen Diskussion weitestgehend anerkannt und in vielen neueren Konzeptionen berücksichtigt (Sumfleth 1988, Demuth 2004, Günther-Arndt 2005, Demuth u.a. 2006, Beerenwinkel 2007). Im Forschungsmodell der Didaktischen Rekonstruktion stellen Erhebungen zu Schülervorstellungen einen der drei Pfeiler des Tripletts dar (Kattmann 1997).

Im Folgenden wird der Begriff Schülervorstellung im Kontext verschiedener, für diese Untersuchung relevanter Forschungshorizonte expliziert und definiert.

#### **Conceptual Change**

Der Begriff Schülervorstellung impliziert zunächst, dass es sich um eine kognitive Entität handelt, die häufig auch als "mentale Idee" oder mentales Symbol" beschrieben wird (Margolis u.a. 2006). Sie wird beim Konstruieren von Wissen (re-)organisiert. Von Beginn des Lebens an agiert ein Individuum aktiv als "Konstrukteur seines Wissens", da das Wissen, das es über einen Sachverhalt erworben hat, über die Zeit nicht mehr aktuell ist und eine Modifikation voraussetzt (Schnotz, 2001). Das Individuum muss Veränderungen vornehmen bzw. umlernen. Forschung, die sich mit diesem Umlernprozess und seiner Beschreibung befasst, wird unter dem Begriff "Conceptual Change" diskutiert. Der englische Begriff "concept" wird dabei synonym zu dem deutschen Begriff "Vorstellung" verwendet und meint die Änderung von Vorstellungen durch einen Lernprozess.

Dabei kann die kognitive Entwicklung eines Individuums als ein "Hineinwachsen" in eine bestimmte Kultur beschrieben werden, wobei naive und wissenschaftliche Konzepte dabei zwei unterschiedlichen Begriffssystemen angehören. Die stark auf der Erfahrungswelt basierenden so genannten "Alltagskonzepte" oder "Alltagsvorstellungen" sollen durch die systematische Einbindung in unterrichtliche Prozesse in das kohärente System der wissenschaftlichen Vorstellungen eingebunden und mit ihm vereint werden (Wygotski, 1964; Säljö 1999). Vorunterrichtliche Vorstellungen oder Alltagsvorstellungen von Kindern werden häufig auch als defizitär oder inkohärent beschrieben - erst in der unterrichtlichen Auseinandersetzung werden diese isolierten Bruchstücke in komplexere konzeptuelle Strukturen eingebunden (Di Sessa, 1988). Begründet wird die Inkohärenz der Vorstellungen damit, dass der Lernende nicht prüft, ob seine Wissensstrukturen im Ganzen kohärent sind (Di Sessa, 1988). Eine defizitäre Vorstellungen wird meistens mit dem Begriff "Fehlkonzept" (engl. misconceptions) beschrieben. Chi u.a. (1994) erläutern, dass diese Konzepte in eine falsche ontologische Kategorie eingeordnet wurden. Diskutiert wird, ob sich solche Änderung von defizitären Konzepten graduell vollziehen (Vosniadou u.a., 1992) und es dadurch zu einer Neuorganisation von Wissensstrukturen kommt (conceptual change) oder ob sich bestehende Wissensstrukturen lediglich erweitern (conceptual growth) (Caravita, 1994).

Die Verwendung von alltäglichen und wissenschaftlichen Konzepten kann allerdings auch je nach Kontext variieren (Stark, 2002) und sogar nebeneinander existieren. Ansätze, in denen nicht das

Wissen selbst sich ändert, sondern die Situiertheit des Wissens (Caravita u.a. 1994) sind aus dem Bereich des *Situierten Lernens* beeinflusst und finden ihren Ursprung darin.

Jedoch können wie fehlende Gleichgewichtszustände genauso motivationale Aspekte eine Rolle für die Änderung von Vorstellungen haben. Pintrich u.a. (1993) machen deutlich, dass es für den Lernenden nicht leicht sei, bestehende Wissensstrukturen zu verändern. Das Festhalten an Bewährtem steht dem Umlernprozess dabei entgegen.

Posner u.a. (1982) betonen, dass der Lernende zunächst unzufrieden mit seinen Alltagsvorstellungen sein muss, um Fehlkonzepte durch Passendere zu ersetzen. Dabei handelt es sich um einen Prozess des Umlernens oder Reorganisieren des Wissen, der bereits bei Piaget (1969) beschrieben wird. Er spricht von "Äquilibrationstendenzen" und beschreibt diese als Zustände, in denen das kognitive System danach strebt, "Zustände fehlenden Gleichgewichts in Gleichgewichtszustände zu überführen" (zitiert nach Schnotz, 2001). Ein Ungleichgewicht wird demnach immer erst durch einen kognitiven Konflikt ausgelöst.

Da in dieser Arbeit konkrete Implikationen für unterrichtliches Lernen in Bezug auf den Forschungsschwerpunkt gegeben werden, spielt der wissenschaftliche Hintergrund der Conceptual Change Forschung im Hinblick auf die Entwicklung von Schülervorstellungen eine entscheidende Rolle. Im Folgenden sollen die Ansätze der Conceptual Change Forschung um Ansätze zur Abbildung von kognitiven Strukturen ergänzt werden, um den Begriff der Schülervorstellung auch vor dem Hintergrund von kognitionspsychologischen Erkenntnissen zu schärfen.

#### Abbildung der kognitiven Struktur

Es stellt sich die Frage, wie Vorstellungen in der kognitiven Struktur abgebildet werden. Man geht heute weitestgehend davon aus, dass mentale Modelle über so genannte propositionale Repräsentationen abgebildet werden (Schnotz, 1997; Edelmann 1997). Die kleinste Einheit einer Proposition besteht aus zwei Begriffen und ihrer Relation, z.B. Hunde sind Fleischfresser<sup>1</sup>. Propositionen stehen permanent in Interaktion mit den zu repräsentierenden mentalen Modellen und bestehen aus Symbolen und syntaktischen Regeln, durch die ein Sachverhalt oder Gegenstand analog zu seiner Repräsentation in der Wirklichkeit abgebildet wird. Neue Informationen werden in bereits bestehende Propositionen integriert, wobei Propositionen im allgemeinen einen aussagenartigen Charakter haben. Diese aussagenartige Repräsentation bezieht sich auf die Darstellung von Ereignissen, die in Form von Bildern oder Sprache dargeboten werden. Dabei wird die Bedeutung in der abstrakten Form einer Satzaussage gespeichert. Die Aussage des Satzes kann auf ihren Wahrheitsgehalt hin überprüft werden.

Nach dieser allgemeinen Näherung an den Begriff Schülervorstellung durch die Erkenntnisse aus der Conceptual Change Forschung und der Kognitionspsychologie werden die speziellen Schülervorstellung zum Themenbereich *Feuer und Verbrennungsprozesse* aus den Bereichen der Fachwissenschaft Chemie und der allgemeine Naturwissenschaften dargestellt.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>Der Begriff "Proposition" ist der Linguistik entnommen und bezieht sich auf den Satz als elementare Informationseinheit. Wissensmodelle, die auf propositionalen Netzwerken basieren, gehen davon aus, dass jeder komplexe Wissensinhalt auf elementare Propositionen zurückgeführt werden kann.

# 5.2 Schülervorstellungen zum Thema Feuer und Verbrennungsprozesse

Mittlerweile gibt es einen sehr großen Fundus an internationalen Untersuchungen und Studien über Schülervorstellungen zum Thema *Feuer und Verbrennungsprozesse* (u.a. Anderson 1986, 1990, Boujaoude 1991, Meheut u.a. 1985, Ross 1991, Schollum u.a. 1982, Eskillson u.a. 2003). Ein Großteil bezieht sich auf Schüler der Sek.I, nur ein sehr kleiner Teil befasst sich mit Vorstellungen von Grundschülern. Im Folgenden lassen sich jedoch zwei Schwerpunkte darstellen: Schülervorstellungen zur Verbrennung und Schülervorstellungen zur Stofferhaltung.

#### 5.2.1 Schülervorstellungen zum Thema Verbrennungen

Es gibt Studien, die Schülervorstellungen zum Problem des "transformation of matter" untersuchen (Andersson u.a. 1983, Eskilsson u.a. 2003, Löffgren u.a. 2005) und Studien, die den Blick auf das Thema Verbrennung legen (Meheut 1985, Boujaoude 1991, Prieto u.a. 1992). Dabei überschneiden sich die Erkenntnisse zum Teil oder bedingen sich durch die thematische Nähe. Es wird zunächst ein kurzer Überblick über Studien zu Schülervorstellungen allgemein zu dem Thema Feuer und Verbrennungsprozesse gegeben. Anschließend werden die wenigen Studien zu Vorstellungen von Grundschülern dargestellt.

Die Schülervorstellungen zum Thema Verbrennung lassen sich nach Andersson (1990) in fünf Kategorien einteilen:

- 1. Beim Konzept *Disappearance* wird Verbrennung als "Vernichtung" gesehen. Der ursprüngliche Stoff wird vernichtet und es entsteht ein neuer Stoff mit völlig neuen Eigenschaften. Andersson & Renström (1983) fragten 2800 Schüler der 7 bis 9 Klasse was mit dem Benzin beim Autofahren passiert. 15% antworteten, dass das Benzin im Moter verbraucht oder vernichtet würde und ein kleiner Teil als Abgase "vernichtet" wird. Diese Vorstellung spiegelt die hier gemeinte Vorstellung von Verbrennung als Vernichtung deutlich wider.
- 2. Meheut u.a. (1985) konnten zeigen, dass einige Schüler ein Produkt der Verbrennung (Wasser) bereits im Ursprungsstoff vermuten. Dem Konzept Displacement (Veränderung) liegt somit ein physikalisches Konzept zu Grunde; etwas wird durch etwas anderes ersetzt, indem es seine Position ändert. Die Substanz ändert sich nicht. Ein Produkt kann demnach nur bei einer Verbrennung hervorgebracht werden, wenn er schon im Ursprungsstoff vorhanden war.
- 3. Unter *Modification (Wandel)* wird verstanden, dass ein Stoff seine Identität behält, aber seine spezifischen Eigenschaften sich ändern können. Die Verbrennung wird beispielsweise als Verbrennung von Alkohol zu Alkoholgas verstanden (Meheut u.a. 1985).
- 4. Beim Verglühen von Eisenwolle fanden Anderson u.a. (1981) heraus, dass einige Schüler die schwarz gewordene Eisenwolle als Kohle bezeichneten und so die Gewichtszunahme nach der Verbrennung erklärten. Diese Kategorie nannten sie *Transmutation (Wandel mit Identitätsänderung)*. Sie beinhaltet eine Fülle von Transformationen, die in der Chemie "verboten" sind zum Beispiel wenn ein Stoff zu Energie wird oder Energie zu Materie. Ebenso kann eine Substanz in eine andere umgewandelt werden.
- 5. In den meisten Studien wurde die Verbrennung nicht mit Hilfe der Erkenntnisse über chemische Reaktionen erklärt (Andersson u.a. 1981, Meheut 1985). Besonders bei Reaktionen

mit Sauerstoff wird einer der beiden Reaktionspartner häufig übersehen, da dieser "unsichtbar" ist (Steffensky u.a. 2007). Nur wenige Lernende erkennen die chemische Reaktion und könne diese auch beschreiben. Diese Kategorie wurde *Chemical interaction (Neugruppierung)* genannt.

Die hervorstechensten Eigenschaften der Kategorien 1 - 4 ist, dass zwar erkannt wird, dass neue Stoffe entstehen und diese aus der ursprünglichen Substanz hervorgehen, die chemische Interaktion der Stoffe, bei der beispielsweise aus zwei Stoffen in Interaktion miteinander ein dritter, neuer Stoff, entsteht, wird aber i.d.R. nicht berücksichtigt. Insgesamt lassen sich diese fünf Kategorien auch auf die Einordnung von Schülervorstellungen bezüglich der Aggregatzustände und auf die Erhaltung von Stoffen (conservation of the amount of matter) verwenden (Andersson 1990).

Meheut (1985) entwickelte eine ähnliche Typisierung der Schülervorstellungen wie Andersson (1990), wobei sie die Art des Brennstoffes zusätzlich berücksichtigte. Demnach lassen sich die Schülervorstellungen bezogen auf den Brennstoff noch einmal in zwei weitere Kategorien unterscheiden:

Die erste Gruppe beinhaltet Antworten auf Fragen, die sich auf feste oder flüssige Stoffe beziehen, z.B. Metalle, Wachs, Wasser oder Alkohol, die laut Schüleraussagen eher schmelzen oder verdunsten als verbrennen (vgl. Anderssons Terminologie der "Modification"). Die zweite Kategorie von Schüleraussagen bezieht sich auf feste, flüssige und gasförmige Stoffe, die laut Aussagen der Lernenden brennen und in eine andere Substanz verwandelt werden oder verschwinden (vgl. Anderssons Terminologie "Modification" und "Transmutation").

Dabei wird weder bei Andersson noch bei Meheut die Rolle des Sauerstoffes explizit thematisiert. Hingegen konnten Russel u.a. (1991) zeigen, dass nicht alle Schüler eine geeignete Vorstellung von Sauerstoff und Luft haben. Prieto (1992) zeigt auf, dass der überwiegende Teil der untersuchten 14-15 Jährigen in die Kategorie "Transmuters" fallen und somit weder die Luft als Reaktionspartner beim Verbrennungsprozess erkennen noch die entstehenden gasförmigen Produkte. Boujaoude (1991) nimmt an, dass die "unsichtbaren" Aspekte der Verbrennung bei den untersuchten 13 und 14 jährigen Schülern bei der Erklärung von Verbrennungsprozessen außer Acht gelassen wurden. In dieser Studie wurde ebenfalls herausgefunden, dass ein überwiegender Teil der Schüler "memorized information" benutzte, um Verbrennungsprozesse zu erklären und eher fragmentarische kontextabhängige Vorstellungen hatte. Diese starke Kontextabhängigkeit der Vorstellungen und das Problem der Übertragung von Gelerntem auf neue Phänomene wird auch von Rahayu u.a. (1999) betont:

"[...] children's conceptions are both specific and contextually based, and [...] there is little coherence in the use of any one conception across phenomena."(Rahayu u.a. 1999:295)

Zuammenfassend lässt sich sagen, dass eine Einteilung von Schülervorstellungen entsprechend der Kategorien "Vernichtung", "Veränderung", "Wandel ohne Identitätsänderung", "Wandel mit Identitätsänderung" und "Neugruppierung" sinnvoll erscheint, allerdings eine klare Trennung nicht immer möglich ist. Dies liegt zum Einen in einer zum Teil geringen Trennschärfe der Konzepte begründet, zum Anderen werden Erklärungsansätze der Lernenden auch dann als "Fehlkonzept" eingeschätzt, obwohl sie auf Teilchenebene richtig wären<sup>2</sup>.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup>Beispiel: Wasser wird im Ursprungsstoff vermutet im Sinne; wie beschrieben im Konzept *Veränderung* bei Andersson 1990

Die gängigste Vorstellung zum Brennstoff bezieht sich auf das Schmelzen oder Verdunsten desgleichen. Sauerstoff oder Luft wird i.d.R. nicht als Reaktionspartner erkannt. In allen Bereichen werden Verbrennungsprozesse mit so genannten "memorized informations" erklärt, was bedeutet, dass ein konzeptuelles Verständnis von Verbrennungsprozessen (noch) nicht entwickelt wurde. Es werden keine Hinweise auf phänomenologische Erklärungsansatze gegeben. Ebenso werden Schülervorstellungen auf makroskopischer Ebene als "Fehlkonzepte" gedeutet. Im Hinblick auf Schülervorstellungen von Grundschülern helfen diese Ansätze nur wenig weiter, da diese keinerlei Erfahrung mit chemischen Fachkonzepten auf Teilchenebene haben. Als Vergleichshorizont im Sinne des Modells der Didaktischen Rekonstruktion können die aufgeführten Untersuchungen nicht dienen - sie stellen lediglich einen auf fachliche Vorstellungen fokussierten Hintergrund an bereits vorhandenen Schülervorstellungen dar, mit denen hier untersuchte Vorstellungen kontrastiert werden.

# 5.2.2 Vorstellungen von Grundschülern zu Verbrennung und Stofferhaltung

Langzeitstudien zum Thema *Transformation of Matter* konnten zeigen, dass die Vorstellungen der Schüler sich vom konkreten Objekt hin zu abstrakteren Vorstellungen von Stoffen<sup>3</sup> als unabhängige Entität in der kindlichen Entwicklung entfalten (Dickinson 1987; Löffgren 2005).

Auch Rahayu u.a. (1999) stellten fest, dass Materialeigenschaften von jüngeren Schülern eher objektabhängig gesehen werden, und dass "they tended to view the integrity of a substance in terms of its history, rather than its properties"(S. 298). Dieser "historical view" eines Stoffes lässt sich in Anderssons Kategorien des "Displacements" oder der "Modification" wiederfinden, in der alle Stoffe ihre essentiellen, individuellen Identitäten behalten, obwohl sich die Eigenschaften beobachtbar ändern.

Untersuchungen mit Grundschülern weisen auf ähnliche Vorstellungen hin (Rahayu u.a. 1999). Unthan (2006) weist besonders auf zum Teil tief verwurzelten Präkonzepte (Alltagsvorstellungen) hin:

"[...] Feuer braucht Platz zum Brennen, Feuer braucht zum Brennen Luft und Wachs, sonst nichts; Luft ist kein Gas, Feuer braucht Luft, um sich auszudehnen, Wind und Sog löschen Kerzen; Gas brennt; die Marke bestimmt, wie weit ein Streichholz abbrennt, die Flamme lebt; [...] (Unthan 2006:82)

In diesen kindlichen Beschreibungen werden nicht nur die üblichen Animismen deutlich, die von Grundschülern für Erklärungen gerne benutzt werden, sondern auch die bereits genannte Kontextabhängigkeit und eine Tendenz zur Übergeneralisierung. Für Grundschüler scheint es schwierig zu sein, mehr als einen Faktor für eine Verbrennung zu erkennen (ebd.).

Dieses Problem, das Grundschüler haben, wenn mehr als ein Faktor für bestimmte Phänomene ausschlaggebend ist, konnte auch Sére (2000) in einer Untersuchung mit 10 bis 12 Jahre alten Kindern zu Vorstellungen zum gasförmigen Aggregatzustand finden. Neben der Erkenntnis, dass es für diese Altersgruppe schwer ist, Phänomene zu ergründen und zu deuten, die sich auf eine "unsichtbare" Substanz beziehen, fand sie zudem heraus, dass die Schüler insgesamt große Schwierigkeiten mit dem Transfer von bereits Verstandenem haben. Sére betont dabei, dass die Schüler fundamentale physikalische Dimensionen wie Menge, Druck, Volumen und Temperatur

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup>Dickinson (1987) spricht von "material kind", Rahayu u.a. (1999) sprechen von *substance*, Löffgren u.a. (2005) verwenden den Begriff *matter*.

als Erklärungsgrundlage benutzen müssen, um schon einfache Experimente mit Gasen verstehen und deuten zu können. Auch Rahayu u.a. (1999) konnten in einer Studie mit etwa 70 Grundschülern zwischen sechs und neun Jahren zeigen, dass die Kinder mit dem Konzept *Luft* aufgrund seiner "*Unsichtbarkeit*" Probleme haben und es deshalb nicht als beteiligt an einer Verbrennung ansehen. Sie machen deutlich, dass Grundschüler den Brennstoff einer Kerze auf der Dingebene diskutieren ("*Die Kerze an sich brennt.* - ebd.:302) und weder die Bestandteile (Wachs, Docht, etc.) als mögliche Brennstoffe erkennen, noch die beteiligte Luft. Sie zeigen außerdem, dass Grundschüler die Ergebnisse einer Beobachtung vielfach auf Grundlage mehrerer Konzeptebenen diskutieren. Obwohl sie in der Lage wären, chemische Erklärungen zu geben, stellen sich diesem Denken stabile Alltagskonzepte und eine sehr starke Kontextabhängigkeit entgegen.

"They use different conceptions not only for different burning phenomena, but also for discussing products compared to reactants. Even for students who had access to the transformation conception, which one might expect to allow a coherent view of how the combustible material changes into the burning products, there was little consistency." (ebd.:303)

Es zeigt sich, dass die Produkte der Verbrennung von Grundschülern zwar zur Kenntnis genommen werden, jedoch stark an die Ursubstanz und an das Material geknüpft sind - obwohl die Transformation auf Materialebene erkannt wird und die kulturelle Benennung der entstandenen Produkte (aus Holz wird Asche) dieses geradezu impliziert. Trotzdem herrscht eine starke Tendenz zur Vorstellung, dass die Ursubstanzen ihre Eigenschaften vollständig durch den Verbrennungsprozess behalten. Eine Vorstellung von Transformation scheint demnach für Grundschüler schwierig zu sein.

Rahayu u.a. (1999) konnten hingegen feststellen, dass die chemische Reaktion bereits ab dem 6. Lebensjahr auf konzeptueller Basis verstanden werden kann. Auch Unthan (2006) konnte bei jüngeren Schülern zeigen, dass Konzeptwechsel hin zu chemischen Erklärungsmodellen mit geeigneten Versuchen möglich sind. Steffensky (2007) weist darauf hin, dass die stoffliche von der Objekt-Ebene getrennt werden müsse, damit jüngere Schüler den Prozess der Verbrennung nicht als Vernichtung ansehen.

Um chemische Reaktionen wie die Prozesse der Verbrennung zu verstehen, brauchen Schüler allerdings eine Teilchentheorie (Johnson 1997). Auch Skamp (1998) konnte in einer Vergleichsstudie zeigen, dass die Einführung von abstrakten Begriffen wie *Atom* und *Molekül* in der Grundschule positive Effekte auf das spätere Verständnis von chemischen Reaktionen hatte. In Tabelle 5.1 werden die Schülervorstellungen noch einmal auf die für diese Untersuchung wesentlichen Aspekte zusammengefasst.

| Bereich                 | Schüler-vorstellung                              |
|-------------------------|--|
| Veränderung von Stoffen | - Vorstellungen sind stark objektgebunden        |
|                         | - "memorized information"                        |
|                         | - die chemische Reaktion wird auch von älteren   |
|                         | Schülern nicht erkannt                           |
|                         | - Erklärungen und Wissen ist stark kontextabhän- |
|                         | gig  |
| Verbrennungsprozesse    | - Probleme mit dem gasförmigen Aggregatzu-       |
|                         | stand (Unsichtbarkeit)                           |
|                         | - Hitze als Brandbedingung ist nur schwer vor-   |
|                         | stellbar   |
|                         | - Transfer von Wissen auf andere Phänomene ist   |
|                         | schwierig  |
|                         | - starke Alltagskonzepte prägen das Denken       |

 Tabelle 5.1: Charakteristika von (Grund-)Schülervorstellungen zu Veränderung von Stoffen und Feuer und Verbrennungsprozessen

Insgesamt lassen sich die Vorstellungen von Grundschülern im Sinne naturwissenschaftlicher (chemischer) Erklärungsansätze zwar als defizitär beschreiben, indem sie stark objekt- und kontextabhängig sind und mehrfaktorielle Begründungen zu Überforderungen führen, jedoch sind auf konzeptueller Ebene, mit Hilfe von geeigneten Versuchen, durchaus Erklärungsansätze auf dem Level der chemischen Reaktion möglich. Dieses gilt es im Hinblick auf die Didaktische Strukturierung zu fördern und an den für Grundschülern bedeutenden Schülervorstellungen zu orientieren.

# 6 Eigene Erhebungen von Schülervorstellungen zum Lerngegenstand

Im Rahmen dieser Untersuchung stellt die Erhebung von Schülervorstellungen zum Themenbereich *Feuer und Verbrennungsprozesse* einen Untersuchungsteil dar. Wie aufgezeigt, gibt es eine Vielzahl von unterschiedlichen Studien zu diesem Thema. Viele der Forscher fokussieren jedoch die naturwissenschaftlichen Anteile in den Vorstellungen, lassen die alltäglichen aus oder stellen sie den naturwissenschaftlichen entgegen. Mit dieser Erhebung wird der Fokus auf ebendiese in den Forschungen "vernachlässigten" Anteile gerichtet. Dabei sollen die für die Schüler wichtigen vorunterrichtlichen Konzepte zu diesem Teilbereich erfasst werden ohne besonders auf die naturwissenschaftlichen Anteile abzuheben. Es geht um *alle* für die Kinder wichtigen Konzepte und Vorstellungen - sowohl erste naturwissenschaftliche als auch alltägliche.

Diese, auf einem integrativeren Verständnis von Schülervorstellungen beruhende Vorgehensweise, soll die bisherigen Untersuchungen ergänzen und im Hinblick auf die Didaktische Strukturierung des Lerngegenstandes die Möglichkeit bieten, vorunterrichtliche naturwissenschaftliche und alltägliche Vorstellungen zu integrieren, sie damit im Hinblick auf ihre Rolle beim Lernprozess anzuerkennen, um so ein holistisches Bild von den Lernprozess beeinflussenden - insbesondere den affektiven - Vorstellung zu diesem Themenbereich zu erhalten. Im Folgenden werden die Fragestellungen der Untersuchung vorgestellt sowie eine Beschreibung des Samples gegeben. Anschließend wird die Wahl der Erhebungsmethode begründet, auf die spezifischen Anforderungen der Untersuchung bezogen, sowie die Datenanalyse detailliert erläutert. Es folgt der Nachweis über die Qualität der Untersuchungsergebnisse. Die Ergebnisse der Untersuchung werden schließlich vorgestellt und diskutiert als auch im Hinblick auf ihre Bedeutung für den Prozess der Didaktischen Strukturierung reflektiert.

# 6.1 Fragestellung und Annahmen

Unter der übergeordneten Fragestellung: Was wissen Grundschüler<sup>1</sup> über Feuer und Verbrennungsprozesse? wurden vorunterrichtliche Vorstellungen<sup>2</sup> in Form von Concept Maps erhoben und ausgewertet. Diese Forschungsfrage stellt einen der Schwerpunkte der gesamten Untersuchung dar und soll mit Hilfe von Concept Maps als Erhebungsmethode der Schülervorstellungen verfolgt werden. Concept Maps werden vielfach als "powerful research tool" (Daley 2004, Freeman 2004) beschrieben, die durch qualitative Auswertungen die Möglichkeit bieten, Aussagen über Schülervorstellungen zu treffen.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>Im Folgenden sind mit Grundschülern Lernende der untersuchten Altersgruppe 10 bis 11 Jahre gemeint.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup>Die vorunterrichtlichen Vorstellungen sind insofern für spätere Didaktische Strukturierungsprozesse interessant, als dass sie authentisch den Ausgangspunkt der Schüler widerspiegeln. Es wird vermutet, dass die affektiven, emotionalen Vorstellungen deutlicher mitgeteilt werden als das nach einer naturwissenschaftlich-orientierten Unterrichtseinheit möglich wäre. Auch dem Faktor der sozialen Erwünschtheit wird dadurch begegnet.

Folgende untergeordnete Fragestellungen sind für die Untersuchung entwickelt worden und sollen die Aussage zu den vorunterrichtlichen Schülervorstellungen im Hinblick auf die Hauptfrage differenzieren:

- Welche naturwissenschaftlichen (Prä-)Konzepte haben Grundschüler vor unterrichtlichen Interventionen?
- Welche alltäglichen Vorstellungen<sup>3</sup> sind für Grundschüler besonders von Bedeutung?
- Wo setzen Grundschüler ihre Schwerpunkte bei der Beschreibung des Phänomens Feuer?

Angenommen wurde, dass Grundschüler sehr viele verschiedene Aspekte des Themas *Feuer und Verbrennungsprozesse* kennen und sie diese auch beschreiben und benennen können. Die vorunterrichtlichen Vorstellungen sollen in all ihren Facetten bekannt sein, um so an den für die Schüler wichtigen Aspekten in der Didaktischen Strukturierung ansetzen und einem an Vorstellungen orientierten Unterricht gerecht werden zu können.

## 6.2 Beschreibung des Samples

Es handelt sich um dasselbe Sample, welches bereits in Kapitel 4.3 beschrieben wurde. Eine erneute Beschreibung ist deshalb nicht erforderlich.

## 6.3 Wahl der Erhebungsmethode

Seit zwanzig Jahren liegt der Fokus qualitativer Forschung vermehrt auf der Erforschung individueller erfahrungsbasierter Bedeutungskategorien, die z.B. durch Interviews, Beobachtungen, teilnehmende Beobachtung ermittelt werden können (Lincoln u.a. 1985, Denzin u.a. 1998). Bei dieser Art von Forschung wird großer Wert auf ein holistisches, deskriptiv beschreibbares Bild von Vorstellungen gelegt, wobei Tiefe und Details der Vorstellungen häufig im Zentrum stehen (Denzin 1998). Die Daten werden vielfach durch einen induktiven, sich permanent entwickelnden Prozess analysiert, um Themen und Kategorien zu einem spezifischen Inhalt zu identifizieren. Creswell (1998) weist auf Folgendes hin:

"qualitative research [is] an inquiry process of understanding based distinct methodological traditions of inquiry that explore a social or human prosblem. The researcher builds a complex, holistic picture, analyzes words, reports detailed views of informants and conducts the study in a natural setting. "(Creswell 1998:15)

Der qualitative Forschungsprozess muss mit zwei wichtigen Herausforderungen umgehen können: zum Einen mit der Menge der Daten, die in der Regel auf eine handhabbare Menge reduziert werden ohne die eingeschlossene Bedeutung zu verlieren, auf der anderen Seite ist der Forschungsprozess transparent zu machen. Häufig wird der Datenanalyseprozess als ein mehrfacher Leseprozess von Transkripten beschrieben, der schließlich zur Findung von Kategorien führt. "If readers can not rely on the credibility and trustworthiness of the analysis process, then

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup>Unter *alltäglichen Vorstellungen* werden Vorstellungen verstanden, die sich *nicht* auf naturwissenschaftliche Betrachtungsweisen des Phänomens Feuer beziehen.

the findings from qualitative studies tend to become suspect. "(Lincoln u.a. 1985).

Driver u.a. (1983) formulieren für die Wahl der Erhebungsmethode folgende These:

"A fundamental distinction can be made in science or any field of empirical enquiriy between two general kinds of activities. On the one hand there is the cataloguing of sense impressions, the experience of phenomena; on the other hand there are our attempts as humans to impose some regularity of experience by creating our models or theoretical entities." (Driver 1983:37)

Zwei generelle Unterscheidungen werden von den genannten Autoren dabei gemacht: Auf der einen Seite stehen phänomenologische Ansätze, die sich in Form von Interviews in Erfahrung bringen lassen. Sie stehen für eine Vorgehensweise, bei dem der Forscher am Facettenreichtum weniger Vorstellungen interessiert ist und diese in ihrer Vollständigkeit darstellen möchte. Der zweite Ansatz bezieht sich auf konzeptuelle Vorstellungen. In Form von Concept Maps oder Wortassoziationen werden Vorstellungen in ihrer Breite abgebildet. Während von den o.g. Autoren an diesem Ansatz kritisiert wird, dass er nur geringe Referenzen zu Phänomenen bietet, erkennen sie jedoch im Hinblick auf handhabbare Darstellung der Gesamtheit von Vorstellungen zu einem Themenbereich den Vorteil dieser Methode des Concept Mappings durchaus an.

#### **Concept Maps als Erhebungsmethode**

Concept Maps stellen eine Strategie dar, um den methodologischen Herausforderungen von qualitativer Forschung gerecht zu werden:

"A Concept Map can be used to frame a research project, reduce qualitative data, analyze themes and interconnections in a study, and present findings."(Novak 1998)

Concept Maps zeigen die weitreichenden, übergeordneten Konzepte eines Wissensbereiches und ihre Verbindung untereinander auf. Daley (2004) betont die Nützlichkeit von Concept Maps als eine wichtige Strategie im Forschungsprozess, da sie helfen, die Bedeutungen der Begriffe untereinander und damit die Vorstellungen der Probanden zu fokussieren. Sie erlauben dem Forscher die Vorstellungen der Teilnehmer und die Verbindungen, die zwischen ihnen bestehen, zu erkennen und so Vernetzungen aufzuspüren. Ebenfalls unterstützen sie den Forscher, indem sie die Art der Einbindung von Vorstellungen in einen spezifischen Kontext aufzeigen und nachvollziehbar machen. Freeman (2004) betont, dass Concept Maps "[...] are not limited to the inclusion of facts or factual understanding" sondern auch affektive Faktoren, wie Emotionen und Gefühle, beim Prozess des Concept Mappings involviert sind, die eine tragende Rolle beim Denken und Handeln spielen.

Im Forschungsprozess werden Concept Maps somit generell in zwei Richtigen benutzt: Zum Einen, um Vorstellungen, Konzepte und Konzeptionen anderen mitzuteilen, zum Anderen, um diese aus den Daten zu rekonstruieren (Freeman 2004).

#### Die Wahl der Erhebungsmethode im Hinblick auf die Anforderungen dieser Untersuchung

Da die Erhebung zum Einen eine möglichst große Stichprobe umfassen sollte, um so zu genaueren Aussagen über die Vorstellungen der Schüler zu kommen, sollte sie zum Anderen zeitlich nicht zu sehr ins Unterrichtsgeschehen eingreifen. Deshalb musste eine ökonomische und zugleich kurzweilige Methode ausgesucht werden, um an die für alle Kinder wichtigen Aspekte

des Themas *Feuer und Verbrennungsprozesse* zu kommen. Gleichzeitig sollte die Herstellung der Concept Maps auch für die Probanden nicht zu zeitintensiv werden.

Die Fragestellung der Untersuchung und die Intentionen, die mit der Darstellungen allgemeiner, allumfassender vorunterrichtlicher Vorstellungen von Grundschülern zu dem Themenbereich Feuer und Verbrennung verfolgt werden, macht die Methode der Erfassung der Vorstellungen durch die Methode des Concept Mappings begründbar: Es war weder Ziel nur die naturwissenschaftlichen Dimensionen der Vorstellung zu erheben, wie dies in vielen anderen Untersuchungen bereits gemacht wurde (Meheut 2005, Ross 1991, Steffensky 2007) noch sollen einzelne Vorstellungen in ihrer Tiefe dargestellt werden. Die maßgebende Intention liegt vielmehr auf der Darstellung der für die Kinder wichtigsten Begriffe und der Möglichkeit diese mit den Ergebnisse aus der umfangreichen Literatur zu naturwissenschaftlichen Vorstellungen des Themas in Beziehung zu setzen. Somit soll zu einer erweiterten Aussage über vorunterrichtliche Vorstellungen von Grundschülern zum Thema Feuer und Verbrennungsprozesse und die Daten für die Didaktische Rekonstruktion nutzbar gemacht werden.

Ein wesentlicher Vorteil gegenüber anderen qualitativen Methoden liegt beim Concept Mapping darin, dass diese Karten von Schülern in relativ kurzer Zeit erstellt werden können. Sie unterstützen bereits bei der Erstellung die Strukturierung und Zusammenfassung von Wissensinhalten und stellen somit auch eine ökonomische Erhebungsmethode dar. Während bei traditionellen Erhebungsmethoden wie der Interviewtechnik die schrittweise, nachvollziehbare Verdichtung des Gesagten immer weiter geordnet und zusammengefasst wird (Mayring 1995, Schmitt 2000), bilden Concept Maps die Ideen desjenigen, der sie erstellt hat, bereits in reduzierter, aber nicht unbedingt weniger komplexen Weise ab. Für die qualitative Auswertung nach Mayring (1995) stellen Concept Maps die Ebene der Paraphrasierung dar, die in der Auswertung in einem weiteren Schritt weiter zusammengefasst wird. Grenzen der Methode liegen jedoch sicherlich in eben jener Reduktion begründet. Die Validität der Methode konnte in einer Pilotstudie bestätigt werden.

## 6.4 Analyse der Daten

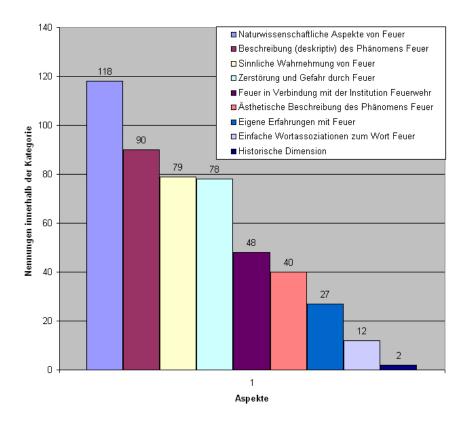
Insgesamt wurden die Daten der 92 Concept Maps in Anlehnung an die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (1995) analysiert. Die Aussagen, die aus den Concept Maps gewonnen wurden, wurden unter induktiv konstituierten Aspekten<sup>4</sup> zusammengefasst und sortiert. Die naturwissenschaftlichen Aussagen wurden bereits in Kapitel 3 beschrieben und Aussagen für Feuer und Verbrennungsprozesse deduktiv angelehnt und unterschieden. In einem weiteren Analyseschritt wurden die Grenzen der Aspekte geschärft, wobei sich einige Inhalte überschneiden. Ziel dieser Sortierung sollte die genauere Beschreibung der vorunterrichtlichen Vorstellungen sein, wobei Alltags- sowie erste naturwissenschaftliche Vorstellungen dabei nebeneinander betrachtet werden sollten.

Entstanden ist eine Sammlung von Alltags und ansatzweise naturwissenschaftlichen Vorstellungen, die zusätzlich noch quantifiziert wurden, um eine begründetet Aussage über prominente und weniger prominente Aspekte machen zu können und diese mit den Ergebnissen anderer Studien in Beziehung zu setzen.

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup>Im Folgenden wird der Begriff *Aspekt* anstelle von dem zu erwartenden Begriff *Kategorie* verwendet, da m. E. das Sortieren der Aussagen keine Kategorie sensu Mayring (2000) hervorbringt. Deshalb wird hier von Aspekten gesprochen werden. Aspekt meint demnach die Zusammenfassung unter ein Oberthema oder eine Überschrift.

## 6.5 Ergebnisse der Untersuchung

Die Ergebnisse der Untersuchung sind vielfältig und vielschichtig. Abbildung 6.1 zeigt zunächst eine Übersicht über die gefundenen Aspekte, die aus dem Datenmaterial wie beschrieben ermittelt wurden.



**Abbildung 6.1:** Die am häufigsten genannten Aspekte in der Voruntersuchung sortiert nach Gruppen

Besonders auffällig ist die große Anzahl an naturwissenschaftlichen Aspekten, die schon vor dem Unterricht bekannt sind. Wie bereits erwähnt, können die Erhebungssituation und der Kontext, vor dessen Hintergrund die Erhebung stattfand dieses positiv beeinflusst haben. So wird in den Concept Maps beispielsweise sehr detailliert ausgeführt, dass ein Feuer Sauerstoff oder Luft zum Brennen braucht (17 Mal genannt), dass es mit Wasser löschbar ist (25 Mal genannt) und Holz ein exemplarischer Brennstoff ist (29 Nennungen). Streichhölzer (5 Nennungen) und das Feuerzeug (7 Nennungen) werden als Zündquellen beschrieben. Auffällig ist, dass andere Löschmöglichkeiten als Wasser sehr wenig aufgeführt werden, sodass man davon ausgehen kann, dass sie weniger bekannt sind. Auch die Kerze als Brennstoff und Alltagsgegenstand, der gerade zur Weihnachtszeit auch im schulischen Kontext eine große Rolle einnimmt, wird verhältnismäßig wenig (3

#### Nennungen) genannt.

Bezogen auf die untergeordnete Fragestellung Welche naturwissenschaftlichen (Prä-)Konzepte sind Grundschülern bereits bekannt? kann bestätigt werden, dass die drei "klassischen" Bedingungen für Verbrennungsprozesse zwar aufgeführt werden, die geringe Häufigkeit der Nennungen scheint aber zu zeigen, dass Grundschüler diesen von sich aus keinen besonderen Schwerpunkt geben. Jedoch ist nicht sicher auszuschließen, dass es sich bei den genannten Bedingungen auch um Begriffe handelt, die unter "memorized information" (sensu Boujaoude 1991) fallen, da die Vernetzung mit anderen Begriffen eher gering ausfiel. Somit ist die Eindeutigkeit nicht immer gegeben.

Die Beschreibung des Phänomens Feuer fällt den Schülern offensichtlich nicht schwer, da viele verschiedene Schwerpunkte gesetzt wurden. Die Bildung von Qualm wurde sehr häufig genannt (23 Nennungen) und auch die Beobachtung, dass Feuer eine Flamme hat oder Feuer eine Flamme ist (21 Nennungen), beschreibt das Phänomen. Es stellt sich jedoch die Frage, ob die Aussage Feuer ist eine Flamme im Sinne einer Beobachtung zu deuten ist oder ob die Begriffe Feuer und Flamme synonym verwendet werden. Auch die unter die Kategorie Beobachtungen fallenden Aussagen Feuer ist Glut, Feuer ist Licht und Feuer ist Asche sind uneindeutig und deuten vielleicht auf ein Konzeptverständnis hin, das Beobachtungen nicht additiv einem Phänomen zuordnet, sondern vielmehr zum Phänomen wird. Es kann aber auch im Sinne der von Rahayu (1999) erkannten Objektabhängigkeit gedeutet und interpretiert werden.

In allen Fällen kann es sich hingegegen auch um einen synonymen Gebrauch von Begriffen eines Wortfeldes handeln.

Auf die Untersuchungsfrage Wo setzen Grundschüler ihre Schwerpunkte bei der Beschreibung des Phänomens Feuer? bezogen, lässt sich festhalten, dass diese sich auf die zwei Aspekte "Qualmbildung" und die "Beobachtung der Flamme" beschränken, wobei beide Aspekte jeweils mit eher affektiv besetzen Begriffen vernetzt wurden. Qualm wird sehr häufig mit Aussagen, die unter die Kategorie Zerstörung und Gefahr durch Feuer fallen vernetzt, die Flamme wird häufig durch ästhetisch gewichtete Aussagen näher bestimmt.

Unter die Kategorie sinnliche Wahrnehmung fällt vornehmlich die Vorstellung, dass *Feuer heiß ist*. Diese Aussage ist die prominenteste unter allen (55 Nennungen). Aufgrund der Reduziertheit der Äußerungen in den Concept Maps lässt sich nicht weiter bestimmen, welche affektiven Faktoren diese Aussage beinhaltet. Hier wären weitere Untersuchungen nötig.

Die Kategorie Zerstörung und Gefahr durch Feuer ist mit 78 Nennungen ebenfalls sehr prominent. Die Behauptungen Feuer ist gefährlich (38 Nennungen) und Feuer ist tödlich (10 Nennungen) stehen hier besonders im Vordergrund. Es werden allerdings sehr differenzierte Angaben über die Gefahren, die von Feuer ausgehen gemacht, z.B. Feuer richtet Schaden an, Feuer zerstört Häuser, Rauch ist gefährlich, Feuer kann vergiften, Feuer ist stickig etc. Die Wortwahl in dieser Kategorie zeigt, wie stark die Aussagen affektiv geprägt sind. Hier lässt sich auch die Verbindung zu den Kategorien nach Anderson (1990)<sup>5</sup> und der beschriebenen Kategorie der "Disappearance" ziehen, in der von der Verbrennung als Vernichtung gesprochen wird. Offensichtlich sind der vielfältige Nutzen von Feuer und die damit verbundenen positiven Aspekte für die Kinder nicht so deutlich. Hier könnten didaktische Strukturierungen die Zugänge erweitern.

 $<sup>^5</sup>$ im Kapitel Schülervorstellungen zu Feuer und Verbrennungsprozesse beschrieben

Die Kategorie, unter die alle Äußerungen in den Concept Maps, die sich auf die Institution Feuerwehr beziehen, zeigen, dass die Schüler viele kleine Details kennen und diese nennen können; z.B. Feuerlöscher, Feuerleiter Feuermelder, etc. Der Detailreichtum dieser Kategorie lässt sich eventuell durch die Auswahl des Samples begründen, da die Freiwillige Feuerwehr eine recht dominante Institution der ländlichen Umgebung darstellt und große Präsenz im öffentlichen Raum hat. Auffällig ist, dass die Konzepte in dieser Kategorie fast gar nicht mit anderen Konzepten in Verbindung gebracht werden, beispielsweise der häufig genannte Feuerlöscher mit anderen Löschmöglichkeiten verknüpft wird oder der genannte Feuerwehranzug nicht näher definiert wird, indem er beispielsweise mit den Konzepten Feuer ist heiß oder Feuer ist gefährlich in Beziehung gesetzt wird. Hier ist allerdings nicht davon auszugehen, dass diese Verbindung allgemein nicht erkannt wird; es könnte durchaus an der Erhebungsmethode des Concept Mappings liegen, die zwar auf Vernetzung zielt, deren Tragweite hier aber vielleicht nicht erkannt wurde.

Im Hinblick auf die Fruchtbarkeit im Sinne didaktischer Strukturierungen sei angemerkt, dass solche Einschränkungen in der Erhebungsmethode besonders berücksichtigt werden muss. Die Ergebnisse dieser Kategorie zeigen besonders deutlich, dass es offensichtlich schwierig für Grundschüler ist, die Wissensinhalte eines Gebietes mit denen anderer in Verbindung zu bringen, zu vernetzen. Sie stehen isoliert und haben scheinbar keinen Zusammenhang mit anderer Aspekten. Dieses unterstützt sowohl die Ergebnisse der starken Kontextabhängigkeit von Vorstellungen als auch die Aussage über die Schwierigkeit der Übertragung von Vorstellungen auf andere Phänomene (Rahayu u.a. 1999).

Überrascht hat die genaue Beschreibung der unter der Kategorie ästhetische Beschreibung zusammengefassten Aussagen. Während hier die Wahrnehmung der Flammenfarbe im Vordergrund steht, wird auch die Aussage *Feuer ist schön* und *Feuer ist gemütlich* gemacht.

Eigene Erfahrungen mit Feuer werden hingegen nur selten genannt.

Des weiteren werden einfache Wortassoziationen, wie Osterfeuer, Feuerwerk, etc. in einer Kategorie und die einmalige Nennung, dass *Feuer von den Urmenschen erfunden wurde* unter die jeweiligen Kategorien sortiert.

Obwohl Alltagskonzepte die Aussagen der Schüler dominieren (76%), ist es doch überraschend, dass fast ein Viertel der Aussagen dem naturwissenschaftlichen Aspekt zu zuordnen sind. Besonders herausstechend sind die Aussagen Feuer ist heiß (Sinnliche Wahrnehmung), mit 55 Nennungen die prominenteste Aussage, die insgesamt 11% aller Aussagen ausmachten. 38 Mal genannt macht die Aussage Feuer ist gefährlich (Zerstörung und Gefahr) 7% aller Aussagen aus. Ebenfalls zu den prominenteren Konzepten zählen Holz als Brennstoff (29 mal genannt), Löschen mit Wasser (25 Mal genannt), Feuerwehr (24 Mal genannt) sowie die Nennung der Rauchbildung (23 Mal) und Feuer hat eine Flamme (21 Mal). Auch die Nennung der ästhetischen Beschreibung Feuer ist rot kann mit 18 Nennungen als häufiger beschrieben werden. Abbildung 6.2 zeigt die o.g. Aspekte noch einmal in graphischer Form. Auf die Frage Welche alltäglichen Vorstellungen sind für Grundschüler besonders wichtig? bezogen, kann davon ausgegangen werden, dass die affektiv-sensuell besetzten Konzepte dominieren, da Wissensinhalte, die emotional-affektiv besetzt sind bei der freien Assoziation zu einem Sachgebiet als erstes ins Bewußtsein treten (Edelmann 2000, Krapp u.a. 2001).

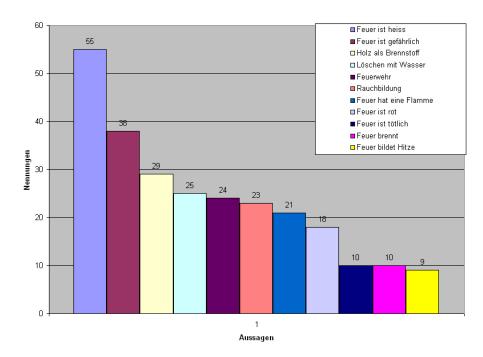


Abbildung 6.2: Die am häufigsten genannten Konzepte im einzelnen

## 6.6 Interpretation und Diskussion der Ergebnisse

In den Concept Maps der 92 untersuchten Grundschüler wird sehr deutlich, dass sie sowohl über sehr weitreichendes spezifisches Wissen, alltäglich wie auch naturwissenschaftlich, verfügen und dies mit der Methode des Concept Mappings mitteilen können. Im Folgenden sollen die Ergebnisse vor dem Hintergrund naturwissenschaftlich und alltäglich orientierter Vergleichshorizonten diskutiert werden.

# Naturwissenschaftliche (empirische) Vergleichshorizonte - "Feuer braucht Holz zum Brennen"

Die Vorstellungen der Schüler lassen sich ganz im Sinne Rahayus u.a. (1999) als spezifisch wie auch kontextabhängig beschreiben. Die Schüler assoziieren Feuer mit Holz als einen möglichen Brennstoff, wobei selten andere genannt werden. Holz scheint ein recht veraltetes Brennmaterial zu sein und es stellt sich die Frage, warum gerade dieses Konzept so große Prominenz besitzt. Es ist davon auszugehen, dass das Thema Feuer im Alltag und im Denken der Menschen nur noch eine untergeordnete Rolle spielt. Wird an die Möglichkeiten von Wärme- und Energieproduktion gedacht, so wird Holz dafür heute nicht mehr bzw. weniger häufig eingesetzt. Holz wird zum Feuermachen bestenfalls in einem Kaminofen verwandt, Streichhölzer werden mehr und mehr durch Feuerzeuge ersetzt und auch der Grill wird im Sommer eher mit Holzkohle betrieben. Lediglich Osterfeuer oder Lagerfeuer werden im Alltag mit Holz angefeuert.

Feuer und Holz treten in unserem Alltag nur noch sehr selten auf und dürften für die Kinder ein seltenes Phänomen sein. Vielleicht ist das Konzept *Feuer braucht Holz zum Brennen* deshalb ein häufig dargestelltes Phänomen, weil es besondere Anlässe wie Ostern, Weihnachtskerzen, etc.

kennzeichnet.<sup>6</sup> Es könnte jedoch ebenso sein, dass Holz gerade eine prototypische Vorstellung von einem Brennstoff ist. Dagegen spricht allerdings die Untersuchung von Unthan (2006), die als dominanteste Konzepte für Brennstoffe Wachs und Gas ermitteln konnte. Bei dieser Untersuchung hatte aber der naturwissenschaftliche Ausgangspunkt möglicherweise entscheidenden Einfluss auf die Ergebnisse.

Lakoff (1987) sagt,

"Thought is imaginative, in that those concepts which are not directly grounded in experience employ metaphor, metnonymy, and mental imagery [...]. Thought is also imaginative in a less obvious way: every time we categorize something in a way that does not mirror nature, we are using general human imaginative capacities." (ebd. Vorwort des Buches)

Diese "general human capacities" werden in der Prototypentheorie als gelernte Kategorisierungen beschrieben (Rosch 1978: 40-41; zit. nach Lakoff 1987). Inwieweit die gefundenen Kategorie "Feuer braucht Holz zum Brennen" eine prototypische Vorstellung darstellt, müsste durch weitere Untersuchungen geklärt werden.

Insgesamt lässt sich also festhalten, dass die Vorstellung in diesem Bereich stark kontextabhängig zu sein scheint und die Prototypikalität aufgrund der reduzierten Aussagen im Erhebungsinstrument nicht eindeutig zu ermitteln ist<sup>7</sup>.

#### "Feuer kann man mit Wasser löschen."

Immerhin 25 von 92 Kindern haben das Konzept Feuer kann man mit Wasser löschen genannt. Es fällt auf, dass kaum andere Löschmöglichkeiten genannt werden. Dies kann mehrere Ursachen haben: Zum Einen das Prototypische in dem Wasser-Konzept, was in assoziativen Zusammenhängen evtl. keine weiteren Vorstellungen zulässt. Zum Anderen kann es natürlich sein, dass die Kinder keine anderen Löschmöglichkeiten kennen gelernt haben - ihnen der Erfahrungshorizont fehlt und dies zu Übergeneralisierungen führt. Es ist davon auszugehen, dass die Kinder auch die Möglichkeit des "Auspustens" einer Kerze kennen sollten - dies konnte in den Untersuchungen von Unthan (2006) bestätigt werden. Wenn allerdings bisher wenig eigene Erfahrungen mit Feuer und Löschmöglichkeiten gemacht wurden, dann wird bei der Wissenskonstruktion auf "memorized information" zurückgegriffen. Dies wurde in der Untersuchung von Boujaoude (1991) bei älteren Schülern für die Beschreibung von Verbrennungsprozessen nachgewiesen und kann auch hier für die Prominenz des Konzeptes "Wasser" als Löschmöglichkeit zutreffen. Ebenso kann es sich auch wieder um eine prototypische Vorstellung handeln, die weitere Untersuchungen erforderlich machen würde. In anderen Untersuchungen zu Vorstellungen im Bereich Feuer und Verbrennungsprozesse wird wenig über diesen Aspekt berichtet, sodass es eher spekulativ ist Aussagen zu machen, warum dieses Konzept so dominant ist.

#### "Das Sicht- und sinnlich Wahrnehmbare"

Beobachtungen beziehen sich auf das direkt Sichtbare oder sinnlich Wahrnehmbare. Feuer hat

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup>Feuer stellt damit natürlich auch ein historisch-tradiertes Phänomen dar.

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup>Für diese Aussage könnte auch der Entstehungskontext der Erhebung verantwortlich sein, da die Erhebung zu Zeiten der großen Waldbrände in Griechenland (Juni 2006) durchgeführt wurden. Das Problem der Waldbrände war in den Medien sehr präsent und wurde aus aktullem Anlass auch in zwei Klassen besprochen. Die Häufigkeit dieser Aussage scheint daher mehr aus diesem aktuellen Kontext entstanden zu sein. Letztlich bedarf das ebenfalls weiterer Untersuchungen.

eine Flamme, Feuer ist rot, Feuer bildet Rauch und Feuer bildet Hitze. Dass die Grundschüler dieser Untersuchung die Rolle des Sauerstoffes oder der Luft bei einer Verbrennung nicht nennen, dürfte allerdings weniger mit der Unsichtbarkeit (sensu Prieto 1992) zusammenhängen als eher damit, dass die Schüler bisher noch nicht naturwissenschaftlich zu diesem Thema gearbeitet haben. Deshalb sind visuelle und sensuelle Eindrücke des Phänomens bedeutungsvoller. Der von Rahayu u.a. (1999) angedeutete "historical view" lässt sich an dem hier gefundenen Konzept Feuer ist/war Asche wiederfinden. Dem entgegen stehen die Konzepte Feuer ist eine Flamme und Feuer brennt - diese beiden Konzepte beschreiben den "Ist-Zustand" von Feuer und stellen einen äußerst interessanten, weil momentanen Blick auf Verbrennungsprozesse dar.

#### Alltägliche Vergleichshorizonte - "Feuer ist gefährlich."

Feuer ist heiß stellt die dominanteste alltägliche Vorstellung dar. Zum Einen kann diese Vorstellung ganz inhaltlich dahingehend gedeutet werden, dass die Schüler bereits erfahren haben, dass ein Feuer heiß ist. Es wurde hier in der Analyse der Daten aus diesem Grund unter die Kategorie "Sinnliche Wahrnehmung" eingeordnet. Zum Anderen kann es auch als negative Assoziation gemeint sein, die mit negativen Erlebnissen und Erfahrungen einhergeht. Durch die Reduziertheit der Aussage lässt sich keine genauere Deutung in eine Richtung geben.

Deutlicher lässt sich die Aussage Feuer ist gefährlich als eine negative Assoziation deuten. Es wird in vielen Concept Maps genauer bestimmt, woraus die Gefahr genau besteht. Feuer bildet (tödlichen) Rauch, Feuer zerstört Häuser oder Feuer ist tödlich. Die Verknüpfungen mit diesen, stark negativen Konzepten lassen die Deutung zu, dass das Konzept Feuer ist gefährlich ebenso gemeint ist. Es ist denkbar, dass Eltern ihre Kinder vor der Gefahr des Feuer warnen und auch durch Märchen, wie das Märchen "Das Mädchen mit den Schwefelhölzern" oder "Das Feuerzeug" von Hans Christian Andersen, die Vorstellungen der Kinder beeinflusst werden. Ebenso können aber auch ganz konkrete eigene Erfahrungen zu der Aussage Feuer ist gefährlich beigetragen haben. Es fällt allerdings auf, dass diese Aussage, wie viele andere auch, durch die starke Reduziertheit, aber auch durch die Isolation von anderen in den Concept Maps dargestellten Konzepten, eine Aussage für sich darstellt und wenig verknüpft ist mit anderen Themenbereichen. Das kann wiederum auf den prototypischen oder auch "rote learning" Charakter einer Vorstellung hindeuten.

Die Aussage Feuer ist tödlich geht noch einen Schritt weiter in Richtung negativ-assoziierter Konzepte. Was spezifisch das Tödliche daran ist, wird nicht weiter ausgeführt, sodass die Isoliertheit auf mediale Einflüsse, "memorized information" oder Prototypen, wie auch schon bei den zuvor erläuterten Kategorien, hindeutet. Die Aussage überrascht jedoch in ihrer Deutlichkeit. Hier offenbaren sich stark negative Vorstellungsmuster. Dass solch emotional geprägten Assoziationen und Vorstellungen einen großen Einfluss auf Lernprozesse und auch Auswirkungen auf Deutungen eigenen Erfahrungen haben können, steht sicherlich außer Frage.

#### **Fazit**

Die Reduziertheit der Erhebungsmethode stellt bei der Auswertung und Deutung der Aussagen ein Problem dar. Es sind an vielen Stellen nur spekulative Interpretationen möglich und der Bezug sowie die Spiegelung an konkreten Erfahrungshorizonten kann nur einen Hinweis auf Ursprünge der Vorstellungen oder deren Beeinflussung durch Medien geben. Trotzdem lassen sich einige Hinweise auf mögliche Ursprünge geben. Ebenso lassen sich Folgerungen für mögliche Didaktische Strukturierungen aus den Vorstellungen ableiten, die im nachfolgenden Kapitel genauer ausgeführt werden.

Insgesamt können Vorstellungen als kontextspezifisch beschrieben werden, indem sie von aktuellen Geschehnissen wie z.B. den Waldbränden in Griechenland zum Zeitpunkt der Erhebung, beeinflusst sind. Von diesem Ereignis wurden möglicherweise die Konzepte Feuer braucht Holz zum Brennen, Feuer kann man mit Wasser löschen, Feuer ist gefährlich und Feuer ist tödlich beeinflusst. Was ferner auffällt, ist die starke Isoliertheit der Konzepte, die zum Einen keine eindeutigen Aussagen in der Deutung zulassen, zum Anderen auch die Tendenz Konzepte nicht miteinander zu verknüpfen widerspiegeln. Es stellt sich die Frage, ob dies ein Ausdruck für "rote learning"- das Auswendiglernen von Begriffen ohne die dahinter stehenden Konzepte verstanden zu haben - im Bezug auf das Phänomen Feuer ist, das aufgrund von mangelnden eigenen Erfahrungen bei der Wissensreproduktion angewandt wird, oder, ob es sich möglicherweise um prototypische Vorstellungen, wie für das Konzept Feuer braucht Holz zum Brennen, handelt. Um diese Fragen eindeutig zu klären, müssten weitere Untersuchungen folgen.

Im Hinblick auf mögliche didaktische Strukturierungen sollte der Aspekt des Nutzens von Feuer, da er in den Aussagen der Schüler kaum Beachtung findet stärker herausgearbeitet werden, um die damit verbundenen positiven Gesichtspunkte des Themas zu stärken.

## 6.7 Zur Qualität der Untersuchungsergebnisse

Um die Qualität einer wissenschaftlichen Untersuchung nachzuweisen, wird häufig auf so genannte Gütekriterien zurückgegriffen. Mit ihrer Hilfe werden Forschungsergebnisse auf ihre Wahrheit, Beliebigkeit und Willkür hin überprüft (Springer 2007). Während für quantitative Untersuchungen die Kriterien der Validität, Reliabilität und Objektivität gelten, können diese bei qualitativen Untersuchungen, aufgrund der Offenheit qualitativer Methoden, nicht übernommen werden und sind neu zu definieren. Für qualitative Forschungen wurden verschiedene Vorschläge von Kriterienkatalogen erstellt (Mayring 1990; Steinke 2000), die beispielsweise das Ziel haben, den Erhebungsablauf und die Datenauswertung transparent zu machen und damit eine Objektivität der Auswertung zu gewährleisten. Demnach werden die von Kattmann & Meyer (2007)<sup>8</sup> intendierten drei Gütekriterien fachlicher Klärungen, Repräsentativität, Kontrastierung und Didaktische Fruchtbarkeit, im Folgenden auf die o.g. Auswahl und Definition der gefundenen Aspekte zur Lernerperspektive bezogen und erläutert. Wie bei den übrigen Teiluntersuchungen auch, steht das Primat der Vermittlungsabsicht und das damit verbundene Kriterium der Viabiltät (Brauchbarkeit) allen Kriterien voran und wurde bereits bei der Auswahl des Designs für die Untersuchung berücksichtigt.

Im Bereich der Erhebung der Schülervorstellungen beziehen sich Gütekriterien auf die Definition und Abgrenzung der gefundenen Kategorien (sensu Mayring 2000). Sie müssen aufzeigen, inwiefern die Kategorien im iterativ angelegten Forschungsprozess die Möglichkeit des In-Beziehung-Setzens mit der empirisch erhobenen fach(-didaktischen) Klärung und der generierten Didaktischen Strukturierung des Modells der Didaktischen Rekonstruktion bieten.

#### Repräsentativität:

Die Repräsentativität der gefundenen Kategorien oder Aspekte bezieht sich auf das Prinzip der Aussagekraft<sup>9</sup>. Wie bereits erläutert, wurden die Kategorien der Alltagsvorstellungen induktiv ermittelt. Das impliziert, dass sie sich an keinen fachlichen Diskurs anlehnen oder auf diesen Bezug

<sup>&</sup>lt;sup>8</sup>Die hier zitierten Forderungen wurden von Kattmann und Meyer auf dem fünften ProDid-Workshop vom 13.07. -15.07.2007 erläutert und diskutiert.

<sup>&</sup>lt;sup>9</sup>Obwohl in der oben aufgeführten Untersuchung von Aspekten gesprochen und dargelegt wird, warum diese nicht den Anspruch von Kategorien erfüllen, so wird in Bezug auf die Gütekriterien von Kategorien gesprochen, da dies, bezogen

nehmen können und im Hinblick auf die Repräsentativität nur durch die Methode der kommunikativen Validierung bestätigt werden können. Im Fall dieser Untersuchung geschah dies durch zwei externe Personen. Dabei wurden die Findung der Kategorien zum Themeninhalt *Feuer und Verbrennungsprozesse* sowie deren Zuordnung diskutiert. In der kommunikativen Auseinandersetzung wurde sich darauf geeinigt, dass die identifizierten und definierten Kategorien in all ihren Facetten ermittelt wurden und damit repräsentativ für die Fülle der gefundenen Schülervorstellungen sind.

#### **Kontrastierung**

Unter das Kriterium der Kontrastierung fallen das Prinzip der Originalität, der Vielfalt und der Verschiedenheit der Ergebnisse. Dem Prinzip der Originalität wird Rechnung getragen, indem die Kategorien weitestgehend induktiv ermittelt wurden. Dadurch ergibt sich eine große Bandbreite an unterschiedlichen Bezugshorizonten, die wiederum dem Prinzip der Verschiedenheit und Vielfalt entsprechen und diese stützen. Im Hinblick auf die Intention der Untersuchung, die Schülervorstellungen in ihrer Bandbreite zu ermitteln und zu analysieren, konnte durch die Verschiedenheit der Kategorien eine möglichst große Kontrastierung erreicht werden<sup>10</sup>.

#### Didaktische Fruchtbarkeit

Bezogen auf die Didaktische Fruchtbarkeit der gefundenen Kategorien stehen das Prinzip der Nützlichkeit, das Prinzip der Umsetzbarkeit und das Prinzip der Innovativität im Vordergrund. Der Nützlichkeit der gefunden Kategorien wurde aufgrund der großen Variation, dem Einbeziehen und gleichwertig Nebeneinanderstellen von wissenschaftlichen und alltäglichen Vorstellungen für didaktische Strukturierungen Rechnung getragen. Im Gegensatz zu vielen anderen Untersuchungen, die bereits vorgestellt wurden, wird in dieser Teiluntersuchung Wert auf ein holistisches Bild von Schülervorstellungen gelegt, was wiederum die Innovativität der Kategorien unterstützt.

Darüber hinaus sollen spezifisch inhaltsanalytische Kriterien die Qualität der Teiluntersuchung ausweisen und die Betrachtungen zur Lernerperspektive ergänzen.<sup>11</sup>

| Kriterium                 | Kurzbeschreibung  | Erfüllung des Kriteriums in der Teilstudie   |
|---------------------------|---|--|
| Semantische<br>Gültigkeit | Richtigkeit der<br>Bedeutungskon-<br>struktion und An-<br>gemessenheit der<br>Kategoriekonstrukti-<br>on. | <ul> <li>Systematische Weiterentwicklung des Kategoriensystems im Forschungsprozess.</li> <li>Externe Validierung durch Interrater.</li> <li>Zeitliche und inhaltliche Zuordnung von Kategorien und Belegstellen.</li> </ul> |

wird fortgesetzt

auf die Quelle von Meyer (2007), weniger verwirrend ist.

<sup>&</sup>lt;sup>10</sup>In der kommunikativen Validierung wurden die Trennschärfe der Kategorien vor dem Hintergrund einer möglichst großen Kontrastierung der Kategorien ausgehandelt.

<sup>&</sup>lt;sup>11</sup>Einige Beschreibungen der Kriterien wurden von Dahnken (2005) übernommen.

### Fortsetzung

| Kriterium                  | Kurzbeschreibung  | Erfüllung des Kriteriums in der Teilstudie   |
|----------------------------|---|--|
| Stichproben-<br>gültigkeit | Angemessenheit der<br>Stichprobe  | <ul> <li>Größe der Stichprobe ist als ausreichend reliabel zu beschreiben.</li> <li>Auswahl der Stichprobe nach theoretischen Auswahlkriterien.</li> </ul>   |
| Korrelative<br>Gültigkeit  | Validierung mit einem Außenkriterium  | <ul> <li>Einarbeitung der Ergebnisse in den aktuellen Forschungsstand.</li> <li>Kommunikative Validierung der Ergebnisse.</li> </ul>   |
| Konstrukt-<br>validität    | Logische Stringenz<br>und Kohärenz der<br>Konstrukte nach<br>innen und Relevanz<br>der Konstrukte nach<br>außen | <ul> <li>Wiederholte Überarbeitung des Datenmaterials.</li> <li>Iteratives Vorgehen innerhalb der Daten mit den Ergebnissen und in Beziehung zu den Ergebnissen aus der Fachdidaktischen Klärung.</li> <li>Offenlegung von Widersprüchen und Gemeinsamkeiten mit bereits bestehenden Forschungsergebnissen.</li> </ul> |

**Tabelle 6.1:** Gütekriterien der Betrachtungen zur Lernerperspektive in Anlehnung an Krippenhoff (1988) zit. nach Dahnken 2005

# 7 Fachdidaktische Klärung des Lerngegenstandes "Feuer" für Grundschüler

Im Rahmen des Forschungsmodells der Didaktischen Rekonstruktion stellt die Klärung des fachlichen Gegenstands einen grundlegenden Pfeiler der Untersuchung dar. Die vorliegende Arbeit stellt durch den Bezug zu zwei Forschungsfragen und damit zwei Untersuchungsgegenständen eine Besonderheit dar und erfordert die fachliche Strukturierung beider Gegenstände. Während der Gegenstand des Concept Mappings bereits im Kapitel 3 vertiefend erörtert wurde, wird der fachliche Gegenstand "Feuer und Verbrennungsprozesse" separat und mit Hilfe einer eigenen empirischen Untersuchung strukturiert und soll an dieser Stelle detailliert beschrieben und erläutert werden. Bei dem Vorgehen handelt es sich um eine "fachdidaktische" Klärung oder Strukturierung des Sachgegenstandes, das heißt, dass die fachliche Klärung mit deutlichem Fokus auf die Zielgruppe "Grundschüler" ausgerichtet wurde und wichtige Erkenntnisse aus bestehenden didaktischen Strukturierungen analysiert. Dies ist aus zweierlei Gründen geschehen: Zum Einen wurde eine umfassende fachliche Elementarisierung des Lerngegenstandes *Feuer und Verbrennungsprozesse* bereits in Kapitel 4.4 gegeben, zum Anderen sollte auf Erfahrungen aus bestehenden didaktischen Konzeptionen zurückgegriffen werden, um diese für die in dieser Arbeit entworfenen unterrichtlichen Implikationen (vgl. Kapitel 8) nutz- und integrierbar zu machen.

Der Begriff Fachliche Klärung impliziert einen abgeschlossenen, "geklärten" Prozess. Die hier durchgeführte fachliche Klärung zeigt allerdings deutlich, dass dieser Prozess der Klärung kein abgeschlossener ist und einer Elementarisierung des Lerngegenstandes nahe kommt, dieser allerdings nicht abgeschlossen zu betrachten ist und der ständigen Überarbeitung bedarf. Deshalb können die hier erhobenen Daten nur einen "Ist-Zustand" an Erkenntnissen widerspiegeln, der durchaus revidierbar ist und nicht den Anspruch auf Allgemeingültigkeit erhebt.

# 7.1 Fragestellung und Annahmen der Untersuchung zur fachdidaktischen Klärung des Lerngegenstands "Feuer und Verbrennungsprozesse"

Um geeignete Argumente und Ideen für mögliche unterrichtliche Implikationen zu bekommen, sollen bereits vorhandene didaktische Strukturierungen<sup>1</sup> erforscht und für diese Arbeit nutzbar gemacht werden. Die Prinzipien der hier entwickelten didaktischen Implikationen sollen den Ansprüchen gerecht werden, dass diese zum Einen nicht "im stillen Kämmerlein" entwickelt werden,

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>Die Ausdrücke *didaktische Strukturierung* und *Didaktische Strukturierung* werden im Folgenden beide verwendet. Einmal fungiert der Begriff *didaktische* als Adjektiv und dient der genaueren Beschreibung des Nomens; einmal wird der Begriff *Didaktische Strukturierung* als Eigenname verwendet und somit groß geschrieben. Ähnliche gilt auch für den Begriff *Fachliche Klärung*.

sondern im kommunikativen Prozess mit anderen Chemiedidaktikern, um deren Erfahrungen in Bezug zum Sachgegenstand zu nutzen. Zum Anderen soll die frühe Orientierung an praxisnahen Konzeptionen auch dem im Modell der Didaktischen Rekonstruktion geforderten iterativen Prozess gerecht werden und diesen unterstützen. Entgegen der geforderten iterativen Vorgehensweise innerhalb des eigenen Forschungsdesigns sollten hier Erfahrungen aus bereits bestehenden didaktische Konzeptionen systematisch, mit Hilfe von Experteninterviews, untersucht, mit den eigenen Konzeptionen in Beziehung gesetzt und schließlich in den Prozess der Didaktischen Strukturierung mit einbezogen werden. Darum kann das allgemeine Erkenntnisinteresse für diesen Teilaspekt der Untersuchung wie folgt formuliert werden:

Welche erfahrungsbasierten Anregungen für die Elementarisierung des Lerngegenstandes "Feuer und Verbrennungsprozesse" für Grundschüler geben ausgewählte Chemiedidaktiker?

Dazu wurden ausgewählte Chemiedidaktiker in ihrer Rolle als Experten befragt und deren Aussagen analysiert. Im Vordergund stehen die in den Annahmen implizierten untergeordneten Fragestellungen:

- Welche speziellen Bedürfnisse und Fragen stellen Grundschüler an das Thema "Feuer und Verbrennungsprozesse"?
- Welche Voraussetzungen müssen Grundschüler erfüllen, um das Thema naturwissenschaftlich zu erfassen?
- Welche Problemstellen können bei diesem Thema gerade für Grundschüler auftreten?
- Wie muss das Thema aufbereitet werden, um den Ansprüchen von Grundschülern gerecht zu werden?

# 7.2 Design und Erhebungsmethodik der Untersuchung zur fachdidaktischen Klärung

Für die Untersuchung wurden teilstrukturierte Leitfadeninterviews (Bortz u.a. 2005) mit vier Chemiedidaktikern durchgeführt. Die Interviews wurden einzeln durchgeführt und mit einem MiniDisc-Recorder aufgenommen. Die Tondokumente wurden digital gespeichert und anschließend transkribiert.

Der Interviewleitfaden umfasste neun Fragen, die sich in drei Teilaspekte untergliedern. Die einzelnen Fragen wurden vorgelesen sowie durch gezielte Nachfragen bei Bedarf ausgeschärft. Die Interviews umfassten eine Zeitspanne zwischen 30 und 40 Minuten und fanden in den Büros oder Privaträumen der Interviewpartner statt.

Als theoretischer Hintergrund für den Aufbau des Fragebogens wurden in den drei Teilaspekten nach persönlichen Erfahrungen sowie Schwierigkeiten im Themenbereich "Feuer und Verbrennungsprozesse", nach dem Umgang mit Misconceptions und Übergeneralisierungen als auch nach Möglichkeiten der Didaktischen Strukturierung des Themenbereichs "Feuer und Verbrennungsprozesse"gefragt. Im Folgenden sind die Inhalte der drei Teilaspekte noch einmal detaillierter dargestellt.

Im ersten Teil soll der Interviewte sich selbst und seine Arbeit im Hinblick auf grundschulspezifische Projekte verorten. Hierzu werden Fragen zur Art der Arbeit, den speziellen Aufgaben im Projekt und der Dauer der Beschäftigung in diesem Projekt gestellt. Der Interviewte soll weiterhin die im Projekt formulierten sowie persönlichen Schwerpunkte analysieren. Darüber hinaus sollten zu Grunde liegende Modelle und Konzepte für die Arbeit offenbart und erläutert werden. Ganz allgemein soll der Interviewte die Möglichkeiten von Vermittlung von Naturwissenschaften in Bezug auf Grundschüler einschätzen sowie die eigenen Erfahrungen dazu erläutern. Schließlich sollte der Interviewte sich im Hinblick auf mögliche Schwierigkeiten, die sich im Themenbereich "Feuer und Verbrennungsprozesse" ergeben können äußern und diese vor dem Hintergrund seiner eigenen Erfahrungen reflektieren.

Der zweite Teil dient der Stellungnahme der Experten zu der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Intervention im Projekt CHEMOL. Dazu wurden den Interviewten Bildkarten vorgelegt, die die einzelnen Versuche zeigen, welche im Rahmen des CHEMOL Projektes zum Thema "Feuer und Verbrennungsprozesse" durchgeführt werden. Zunächst wurden die Versuche bei Unklarheiten seitens der Interviewten erläutert. In einem zweiten Schritt sollten mögliche Problemstellen ausfindig gemacht, benannt und im Hinblick auf die fachlichen Inhalte reflektiert werden. Ebenfalls sollten diese Problemstellen an den eigenen Erfahrungen gespiegelt werden. Schließlich wurde exemplarisch ein Aspekt, der sich für die Schüler als problematisch herausgestellt hat, diskutiert. Es handelt sich dabei um den Fettbrand und die Aussage einiger Schüler² dazu: "Man kann Feuer nicht mit Wasser löschen!". Hier sollten beispielhaft Lösungsvorschläge für ein konkretes Problem von den Interviewten entwickelt werden.

Der dritte und letzte Teil des Interviews befasst sich mit den Ideen der Experten für die mögliche Strukturierung des Themas "Feuer und Verbrennungsprozesse". Hierzu wurde ein bereits in der Literatur beschriebenes Problem von Grundschülern im Hinblick auf die Vorstellung, dass Feuer eher destruktiv und nicht konstruktiv gesehen wird, aufgegriffen und exemplarisch im Hinblick auf unterrichtliche Vorschläge dazu diskutiert. Schließlich wurden die Interviewten nach einer sinnvollen Didaktischen Strukturierung des Themas "Feuer und Verbrennungsprozesse" allgemein gefragt. Die Inhalte des Interviewleitfadens sind im Folgenden exemplarisch abgebildet.

- 1. Eigene Verortung des Experten und Probleme, die sich mit dem Thema "Feuer" ergeben haben.
  - Es soll erfragt werden, welche **persönlichen Erfahrungen** zum Thema "Feuer" im Umgang mit Grundschülern vorliegen.
  - Es soll erfragt werden, welche **Schwerpunkte** bei der eigenen Arbeit gesetzt wurden und warum.
  - Es soll erfragt werden, was Grundschülern beim Thema "Feuer" **vermittelt** werden kann und wie.
  - Es soll erfragt werden, wo mögliche (konzeptuelle) **Schwierigkeiten** zu erwarten sind
- Spezielle Stellungnahmen zum mitgebrachten Material und den Ergebnissen (Aussagen der Schüler) aus dem CHEMOL-Labor.
  - Zum Material soll Stellung genommen werden. Verständnisprobleme sollen geklärt werde. Einzelne Konzepte sollen expliziert und mögliche Schlüsselstellen erläutert werden.
  - Wo werden **Probleme** gesehen?

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup>Die Aussagen der Schüler sind in der hier formulierten Weise im Material aus der Untersuchung mit Concept Maps zu finden.

- Der Interviewpartner soll Stellung beziehen zu den Aussagen der Schüler, "man kann ein Feuer nicht mit Wasser löschen", und mögliche Korrekturstrategien basierend auf der eigenen Expertise für diese Aussagen geben. Diese Frage bezieht sich auf den Umgang mit "misconceptions" aufgezeigt an diesem Beispiel.
- 3. Vorschläge für die Strukturierung des Themas
  - Der Experte soll zu den gängigen Schülervorstellungen, dass Feuer als destruktiver, nicht als konstruktiver Prozess gesehen wird, Stellung nehmen und erläutern, wie man auf diese adäquat eingehen kann.
  - Es soll erfragt werden, wie die Experten das Thema f
    ür den Unterricht strukturieren w
    ürden.

## 7.3 Beschreibung des Samples

Für die Experteninterviews wurden vier Chemiedidaktiker, drei Frauen und ein Mann, befragt. Alle haben in ihrer Funktion an der Etablierung von Schülerlaboren, die sich insbesondere an Grundschüler richten, beteiligt. Sie verfügen alle über ein fachspezifisches Studium sowie weitreichende praktische Erfahrungen im Umgang mit Grundschulkindern. Sie haben insbesondere an der Auswahl für geeignete Versuche im Rahmen von Schülerlaboren mitgewirkt und entsprechend auch im Bereich "Feuer und Verbrennungsprozesse" eine begründete Auswahl für Versuche getroffen. Die Auswahl der Experten stellte sicher, dass diese über ausreichende Erfahrungen im speziellen Themenbereich und in der Auswahl und Begründung von geeigneten Versuchen für Grundschüler verfügen.

Vor dem Hintergrund dieser Kriterien wurden ausgewählt:

- eine Grundschullehrerin, die das Fach Chemie studiert hat und seit vielen Jahren praktische Berufserfahrung hat. Sie führt regelmäßig Experimentierstunden an der Grundschule durch und ist bei der Gründung eines auf Grundschüler spezialisierten Schülerlabores maßgeblich beteiligt gewesen. Sie hat in diesem Rahmen langjährige Erfahrung sowohl im Unterrichten als auch in der Konzeption des Themenbereiches *Feuer und Verbrennungsprozesse*;
- eine Doktorandin im Fachbereich Chemiedidiaktik, die seit zwei Jahren in einem Schülerlabor mit Grundschülern den Themenbereich Feuer und Verbrennungsprozesse bearbeitet.
   Sie hat den Themenbereich im Rahmen einer Examensarbeit konzeptionell analysiert und konnte wichtige Schülervorstellungen dazu erheben;
- eine Juniorprofessorin der Chemiedidaktik, die an der Konzeption des Themenbereichs Feuer und Verbrennungsprozesse im Rahmen der Gründung eines Schülerlabores beteiligt war und den konzeptionellen Hintergrund dazu entwickelt hat;
- der Leiter der Abteilung Chemiedidaktik eines Bildungsforschungsinstitutes, der im Rahmen eines Grundschulprojektes an der konzeptionellen Entwicklung des Themenbereiches *Feuer und Verbrennungsprozesse* beteiligt war.

# 7.4 Auswertung der Interviews

Kernstück der Inhaltsanalyse ist der Transformationsprozess des Ausgangsmaterials durch Methoden der Interpretation, Umformung und Strukturierung. Dabei werden die Ausgangsdaten

durch den Analyseprozess auf eine reduzierte Ebene überführt (Mayring 2008; Jüttemann 1985). Die Auswertung der Interviews wurde in zwei Teilschritten durchgeführt und orientiert sich an der Auswertungsmethodik nach Mayring (1995). Im ersten Teil wurde das Material gesichtet und einer ersten Aufbereitung unterzogen, indem es möglichst nah am Originaltext transkribiert wurde, wobei Redundanzen und Füllsel ausgespart wurden. Aus den Transkripten wurden inhaltstragende Äußerungen selegiert, um eine erste Reduzierung des Materials zu erlangen. Anschließend wurden die selegierten Aussagen paraphrasiert und thematisch geordnet. Schließlich wurden die geordneten selegierten Aussagen in Kategorien zusammengefasst und deduktiv den Inhalten des Fragebogens zugeordnet. So konnte ein Pool an qualitativen Interpretationen zu den verschieden erfragten Aspekten geschaffen werden, der Aussagen über die Vorstellungen der Experten zu der übergeordeneten Fragestellung: Welche erfahrungsbasierten Anregungen für die Elementarisierung des Lerngegenstandes "Feuer und Verbrennungsprozesse" für Grundschüler können Chemiedidaktiker geben? zulässt.

Die Qualitative Inhaltsanalyse erfüllt folgende methodische Gütekriterien (Lange 2008):

- 1. "Sie ist systematisch, d.h. nicht impressionistisch, sondern analytisch, subjektiver Interpretationsbeliebigkeit entzogen.
- 2. Sie ist kontrolliert, d.h. intersubjektiv prüfbar, die Schritte sollen nachvollziehbar sein.
- 3. Sie ist theoriegeleitet, d.h. sie steht in einem theoretischen Bezugsrahmen. Dieser Bezugsrahmen ist der wichtigste Validitätsnachweis.
- 4. Die Inhaltsanalyse ist regelgeleitet. Ein Set von Regeln schreibt vor, wie die Transformation des Ausgangsmaterials zu erfolgen hat. Dieses Set ist eine Vorgabe des Forschers und ist im Laufe der Materialdurchgänge gegebenenfalls zu revidieren. Regelgeleitetheit ist die wichtigste Voraussetzung für die Eindeutigkeit und Trennschärfe der Kategorisierung." (Lange 2008: 51)

Im Folgenden sollen einige Originalzitate sowie die Zuordnung zu den übergeordneten Aspekten und die Paraphrasierung exemplarisch erläutert werden.

#### Beispieltextausschnitt:

Frage: Okay, und meinst du oder was meinst du, kann man so auf dieser fachlichen Ebene mit diesem Branddreieck den Kindern schon vermitteln? 00:05:41-1

Antwort: Also ich denke mal, dass erstmal, finde ich, geht das auf jeden Fall, wenn man es richtig macht und das ist einfach sehr schwierig. Also wenn ich jetzt mal meine eigene Versuche sozusagen reflektiere, muss ich sagen, dass es mir auch nicht oft gelungen ist. Einfach nicht nur von der zeitlichen Einteilung, also ich glaube Kinder können da was lernen, viel dran lernen. Aber ich glaube, man braucht auch eine große Zeit und viel Reflexionsphasen, Wiederholungen dafür. Insgesamt ist es einfach, glaube ich, in einem großen Rahmen wie Schule schwer als in einer Einheit zu machen. 00:06:21-6

Dieser Textausschnitt bezieht sich auf den Aspekt 1.3: Es soll erfragt werden, was Grundschülern beim Thema "Feuer" vermittelt werden kann und wie.

Folgende Aussagen spiegeln die Paraphrasierung dieses Abschnitts wider:

• Kinder können die Inhalte des Branddreiecks lernen.

• Beim Lernen von Inhalten aus dem Branddreieck brauchen Kinder viel Zeit und viele Reflexionsphasen.

Ein weiterer Textausschnitt der dem Aspekt *Es soll erfragt werden, wo mögliche (konzeptuelle) Schwierigkeiten zu erwarten sind.* zugeordnet wurde.

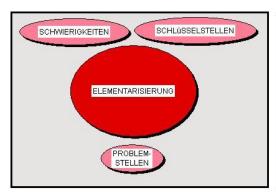
Frage: Okay. Wenn wir jetzt noch mal auf die fachliche Ebene gehen, würdest du sagen es gibt irgendetwas was Grundschüler Klasse 1-4 noch nicht verstehen können? 00:08:55-0

Antwort: Also ich finde solche Fragen immer sehr schwierig, weil ich prinzipiell der Meinung, also ich glaube nicht, dass es irgendetwas gibt, was sie sozusagen prinzipiell nicht verstehen. Ich würde das anders, gerne anders formulieren. Also ich glaube, es sind zwei Knackpunkte daran und das eine ist eben diese Geschichte mit Hitze. Also ich glaube durchaus, dass man sagen kann, erklären kann, es gibt Stoffe und die haben unterschiedliche Eigenschaften, das kenne sie ja auch von was weiß ich, die haben unterschiedliche Farben und so weiter, fühlen sich anders an, und die sind schwerer oder weniger schwer brennbar. Und ich glaube, das ist durchaus anschlussfähig. Ich glaube nicht, dass man oder es mag sein das es geht, ich weiß nicht, ob es lohnt die Mühe darauf zu verwenden ganz genau zu differenzieren, was ist eigentlich Temperatur, Wärme, Hitze, Energie und ich glaube, das ist ein ausgesprochen schwieriges Konzept. Mir würde es darum gehen, eine Anschlussfähigkeit herzustellen und mir ist es eigentlich relativ egal ob die jetzt von Wärme oder Temperatur oder Energie sprechen. Von Energie sprechen die in dem Kontext eigentlich seltener, aber das ist sicherlich das, wo es am schwierigsten ist, wobei ich denke, da muss man seine Ansprüche vielleicht auch ja so ein bisschen altersangemessen formulieren. Und das andere, was schwer ist und das finde ich eigentlich das spannendere, die Aggregatzustände. Also das ist natürlich ein Kontext, der beim Feuer oder ein Konzept, was beim Feuer eine ganz zentrale Rolle spielt, also insbesondere bei dem Thema Kerze und das ist unsere Erfahrung und auch so ein bisschen was, was wir bei den Untersuchungen auch immer sehen. Die können dir alle den Wasserkreislauf erzählen, lustige Geschichten von Willi dem Wassertropfen, aber die Übertragung eine Kerze ist, und zwar insbesondere Wachsgas oder Wachsdampf, Wachsnebel, wie immer du das jetzt bezeichnest, aber dieser, der gasförmige Aggregatzustand ist einfach unglaublich komplex. Die können das durchaus auch anwenden, also zum Beispiel es wird ja immer propagiert, dass man ganz viel zum Thema Luft machen muss. Ich stell immer gar nicht so viele Schwierigkeiten von Schülern, diese Fehlvorstellung, das Luft nichts ist, zumindest mit älteren Grundschülern, die haben eigentlich eine relativ altersangemessene klare Vorstellung. Also ich glaube, es ist sozusagen in dem Zusammenhang nicht so schwierig. Ich glaube die Schwierigkeit ist, sich vorzustellen, dass was, was Festes ist wie so eine dicke Kerze, dass die plötzlich in irgendwas Gasiges sich verwandelt. Ich glaube, dass ist das, der Prozess ist das Problem und nicht so sehr der Zustand an und für sich. Würde ich jetzt sagen. 00:12:00-2

Der Textausschnitt wurde folgendermaßen paraphrasiert:

- Es ist durchaus möglich zu thematisieren, dass unterschiedliche Brennstoffe unterschiedliche Eigenschaften haben und damit eine unterschiedliche Entzündungstemperatur.
- Das Prozesshafte nicht der Zustand stellt das Problemfeld bei den Aggregatzuständen dar.
- Große Hürde im Verstehensprozess stellen die Aggregatzustände dar, welche zwar gut erklärbar im Rahmen der Phänomene Wasser und Luft (als Beispiel für ein Gas) sind, der Transfer auf einen Feststoff, wie z.B. Wachs, bleibt schwierig.

Entsprechend wurden alle Interviews paraphrasiert und schließlich deduktiv den Analyseeinheiten der Fragen zugeordnet; dieses Vorgehen entspricht jenem von Mayring (2008). Die Übersicht 7.1 zeigt die Analyseeinheiten im Detail. Dabei stehen die Begriffe "Elementarisierung" und "Didaktische Strukturierung" als zentrale Elemente in der Mitte der Graphik und symbolisieren die übergeordneten Analyseeinheiten. Die Elementarisierung bezieht sich auf alle Aspekte des Konzeptaufbaus, die von den Experten aufgrund ihrer eigenen Erfahrungen ausgewiesen werden können. Untergliedert sind sie in die Aspekte "Schwierigkeiten", wobei hier generelle Schwierigkeiten beim Konzeptverständnis gemeint sind, "Schlüsselstellen", also Stellen, die sich für den Konzeptaufbau als besonders prägnant erwiesen haben und "Problemstellen", unter welchen sich alle Aussagen subsummieren lassen, die in irgendeiner Weise auf Probleme beim Konzeptaufbau hinweisen. Der Begriff "Didaktische Strukturierung" bezieht sich auf alle Aspekte, die von den Experten im Bereich der konzeptuellen Umsetzung gesehen werden. Dabei wurde diese übergeordnete Analyseeinheit untergliedert in die Bereiche "Schwerpunkte", womit Schwerpunkte bei der Vermittlung gemeint sind, "Vermittlungsaspekte", welches sich auf bewährte Prinzipien bei der Vermittlung bezieht und in den Bereich "Umgang mit Misconceptions", worunter alle Hinweise auf Lösungen beim Umgang mit fehlerhaften Vorstellungen zusammengefasst werden.



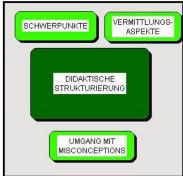


Abbildung 7.1: Analyseeinheiten der Fachdidaktischen Klärung

Entsprechend wurden die bedeutsamsten Argumente aus den Interviews diesen Aspekten zugeordnet. Dies ist zunächst für jedes Einzelinterview geschehen, anschließend in einer Graphik zusammengefasst und systematisiert worden. Auf diese Weise wurde der Inhalt aller Interviews für eine erste Analyse reduziert.

Entsprechend Mayring (2008) wurden die inhaltstragenden Passagen extrahiert, generalisiert und reduziert. Bei der Reduzierung wurde darauf geachtet, dass sich die inhaltliche Aussage nicht grundsätzlich vom Ursprungstext unterscheidet und die wesentlichen Merkmale in Form von Kategorien widerspiegelt. In einem weiteren Schritt wurden die Kategorien den Analyseeinheiten zugeordnet und im Hinblick auf die Reliabilität durch einen Interrater geprüft. Hier ergaben sich keine Abweichungen bei der Einordnung der Kategorien zu den Analyseeinheiten. Die Graphik 7.2 verdeutlicht diese Einordnung exemplarisch für ein Interview. Im Verlauf des Kapitels 7.5 werden die stark reduzierten Inhalte detaillierter erläutert.

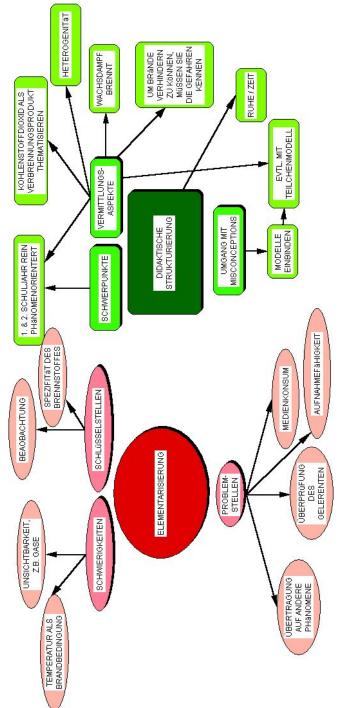


Abbildung 7.2: Analyseeinheiten mit zugehörigen Kategorien zu einem Beispiel

# 7.5 Beschreibung und Interpretation der Ergebnisse zur fachdidaktischen Klärung

Die Beschreibung und Interpretation der Ergebnisse aus den Experteninterviews dienen der fachdidiaktischen Klärung des Sachgegenstands "Feuer und Verbrennungsprozesse". Im Folgenden fließen beschreibende Elemente und interpretative Aspekte ineinander, um direkte Rückbezüge zu ermöglichen und eine direkte Interpretation zuzulassen. Die verschiedenen Interviews sind bei der Analyse strukturgebend. Ein abschließendes Fazit stellt die bedeutsamsten Aspekte der fachdidaktischen Klärung noch einmal heraus.

#### Interview I

Die Ergebnisse des ersten Interviews zeigen zum einen sehr deutlich die konkreten Problemstellen des Lerngegenstandes auf, geben aber auch praktische Hinweise zur Vermittlung und Vermeidung von Lernschwierigkeiten. Bei den Problemstellen steht der Aspekt der Entzündungstemperatur als Brandbedingung im Vordergrund, welches als ein schwierig zu vermittelndes Konzept beschrieben wird. Da dieses Konzept wenig experimentelle Erfahrungsmöglichkeiten für Grundschüler bietet, kann es bei den Intentionen einer möglichen Vermittlung deshalb nur eine untergeordnete Rolle spielen. Des Weiteren wird das Problem, welches Grundschüler mit der Unsichtbarkeit von einigen Stoffen haben, aufgegriffen. Zum konzeptuellen Verständnis des Aggregatzustandes des Brennstoffes ist dies eine wichtige Voraussetzung. Dieser Aspekt wurde in der Literatur schon mehrfach untersucht und so konnten Prieto (1992), Boujaoude (1991) und Rahayu u.a. (1999) zeigen, dass Luft als Reaktionspartner auch von älteren Schülern (14 - 15 jährigen) nicht erkannt wird und bei einer Erklärung von Verbrennungsprozessen völlig außer acht gelassen wird. Im Interview wird auf die Schwierigkeit des Transfers von Gelerntem in neuen Kontexten hingewiesen. Für den naturwissenschaftlichen Bereich konnte Sére (2000) bei 10 bis 12 Jährigen sehr eindrucksvoll nachweisen, dass der Transfer von erlernten Konzepten eine deutliche Hürde darstellt und stark kontextabhängig ist. Dies stellt ein generelles Problem dar, dem es durch entsprechende Reflexionsphasen zu begegnen gilt. Es bedürfe außerdem einer gewissen Zeit, damit sich tragende Konzepte etablieren und in verschiedenen Kontexten angewendet werden können. Es wird darauf verwiesen, dass die Überprüfung des Gelernten ein Problem für den schulischen Unterricht darstelle, denn es könne eigentlich nur gefordert werden, dass das Gelernte im Transfer angewendet wird. Somit stellt sich die Frage nach geeigneten Transferversuchen; außerdem sollte die Art der Überprüfung den Kriterien der Standardisierung gerecht werden, welches eine Herausforderung für den schulischen Unterricht darstellt.

Generell weist der Interviewpartner auf das Problem der "Aufnahmefähigkeit" von Grundschülern hin, welche gerade für die Auseinandersetzung mit "revolutionär" neuen Inhalten ein deutliches Problem darstellen kann und erneut das Problem der langfristigen und zeitintensiven Etablierung von naturwissenschaftlichen Konzepten erfordert. Der vom Interviewpartner angesprochene Medienkonsum führt bei Grundschülern häufig zu einem "rote-learning" von Fachbegriffen, welchem nur durch entsprechende eigenen Erfahrungen mit spezifischen Aspekten eines Lerngegenstandes begegnet werden kann, um so die konzeptuell verankerten Begriffe auszuschärfen.

Für das Themengebiet "Feuer und Verbrennungsprozesse" werden die Gesichtspunkte "konkrete Beobachtung" und "Spezifität des Brennstoffes" als zentrale Schlüsselstellen der Vermittlung angesehen. Das heißt, dass für die Elementarisierung des Lerngegenstandes im Hinblick auf die Leistungen von Grundschülern diese Aspekte leitend sein sollten. Im Hinblick auf die Spezifität des Brennstoffes soll gemäß den Intentionen des Interviewpartners besonders der Wachsdampf

angesprochen werden, da er exemplarisch für die Vermittlung der Spezifität des Brennstoffes ist und einen guten experimentellen Zugang gewährt. Ebenfalls kann das Verbrennungsprodukt Kohlenstoffdioxid thematisiert werden.

Im Hinblick auf die Verhinderung von fehlerhaften Vorstellungen, wie z.B. dass man ein Feuer nicht mit Wasser löschen kann ("misconceptions") erwägt der Interviewpartner gegebenenfalls die Ebenen modellhafter Vorstellungen mit in den Unterricht einzubeziehen. Dies sei aber abzuwägen und stark auf die Bedürfnisse der jeweiligen Lerngruppe zu beziehen. Als große Herausforderung für den schulischen Unterricht sieht der Interviewpartner das Problem der Heterogenität der Lerngruppe in der Grundschule gerecht zu werden. Dies setzt ein hohes Maß an Differenzierung und die genaue Ermittlung des Lernstandes im Hinblick auf den speziellen Gegenstand voraus und stellt im schulischen Kontext oftmals ein Problem dar. Dem gilt es ebenso wie allen anderen genannten Aspekten in der Überlegung von möglichen didaktischen Strukturierungen zu begegnen und grundschulspezifische Lernumgebungen aufzuzeigen.

#### Interview II

Der Interviewpartner des zweiten Interviews nennt als theoretischen Hintergrund für den Themenbereich "Feuer und Verbrennungsprozesse" das so genannte Verbrennungsdreieck. Dieses beinhaltet die Brandbedingungen Sauerstoff, Brennstoff und Entzündungstemperatur, die in der didaktischen Konzeption möglichst einzeln und klar voneinander getrennt behandelt werden sollten. Hier würde es sich im schulischen Kontext anbieten, Versuche und Experimente den einzelnen Brandbedingungen unter Verwendung von Plakaten o.ä. zuzuordnen und vielfältige Möglichkeiten zur Reflexion zu schaffen. Als weitere Schlüsselstelle für die Vermittlung sieht der Interviewpartner die Behandlung des Zerteilungsgrades des Brennstoffes. Hierdurch würde die besondere Beschaffenheit des Brennstoffes thematisiert und es könnte ggf. eine entscheidende Problemstelle umgangen werden, die der Interviewpartner aus seiner Erfahrung kennt, dass die Brandbedingung Sauerstoff übergeneralisiert wird, indem sie häufig als einzige Bedingung genannt wird auch, wenn der Zusammenhang dieses nicht erwarten lässt. Hier offenbart sich eventuell auch ein klassisches Beispiel für "rote-learning", da der Begriff Sauerstoff in dem Themenbereich "Feuer und Verbrennungsprozesse" der prominenteste ist.

Große Probleme werden bei dem konzeptuellen Verständnis der Entzündungstemperatur gesehen. Hier werden konkrete Beispiel für die experimentelle Umsetzung gegeben, wobei der Interviewpartner die Schwierigkeiten dadurch nicht unbedingt gemindert sieht. Des Weiteren wird eine Reduktion der Experimente auf exemplarische empfohlen, da ansonsten eine Verwirrung stattfinden kann. Hier wird explizit das Auslassen von Ausnahmen zu Löschbedingungen wie z.B. dem Fettbrand angeraten. Es wird befürwortet, dass Transfermöglichkeiten zu den Brandbedingungen im Hinblick auf Löschversuche thematisiert werden sollen. Ein Einbinden von modellhaften Repräsentationen wird hingegen abgelehnt, auch einer Thematisierung der Verbrennungsprodukte steht der Interviewpartner kritisch gegenüber. Ganz deutlich wird in diesem Interview sowohl die Forderung nach ausreichender Zeit für den konzeptuellen Aufbau als auch die Möglichkeit für sinnvolle Reflexionsphasen.

#### Interview III

Im dritten Interview werden die Probleme von Grundschülern im Themenbereich "Feuer und Verbrennungsprozesse" vor allem darin gesehen, dass der Brennstoff in gasförmiger Form vorliegt (hier insbesondere das Wachsgas als Brennstoff) und die damit verbundenen Schwierigkeiten, die mit dem Substanzcharakter "unsichtbarer" Stoffe einhergehen. Des weiteren stellt das Konzept

der Oberfläche eines Brennstoffes und seine Beschaffenheit Grundschüler vor große Schwierigkeiten, die vor allem durch den experimentellen Zugang beschränkt sind. Das Konzept der Entzündungstemperatur oder Aktivierungsenergie wird vom Interviewpartner als schwierig zu vermittelnd gesehen, er empfiehlt die Reduktion auf eine Zündquelle als dritte Brandbedingung. Dies schließt an die Vorstellungen von Schülern an, da diese häufig als dritte Brandbedingung ein Streichholz oder eine andere Zündquelle nennen. Im Hinblick auf die Didaktische Strukturierung könnte diese Reduktion äußerst hilfreich und zielführend sein, da sie auch experimentell umsetzbar und nachvollziehbar für Grundschüler ist. Außerdem stellt der Interviewpartner heraus, dass das genaue Beobachten und Klassifizieren von Phänomenen sowie allgemeine Aspekte naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen vor dem Hintergrund des speziellen Themenbereichs "Feuer und Verbrennungsprozesse" behandelt werden sollten und somit einen Grundpfeiler einer möglichen didaktischen Strukturierung darstellt. Dadurch soll ein erstes Konzeptverständnis angebahnt werden. Neben Versuchen, welche Ausnahmen zu gängigen Löschmöglichkeiten zeigen, wie z.B. der Fettbrand, stellen auch die Verbrennungsprodukte eine Überforderung für Grundschüler dar und können zu "misconceptions" führen. Sie sind deshalb bei Didaktischen Konzeptionen auszusparen. Insgesamt soll als konzeptueller Hintergrund das Branddreieck dienen, welches allerdings im Hinblick auf die Bedingung "Temperatur" auf eine Zündquelle reduziert werden soll.

#### Interview IV

Im vierten Interview macht der Interviewpartner deutlich, dass das Verbrennungsdreieck als theoretischer Hintergrund hinreichend für die Behandlung des Themenbereichs "Feuer und Verbrennungsprozesse" im naturwissenschaftlichen Sachunterricht ist. Dabei stellen die Konzepte im Hinblick auf die Aggregatzustände und der Transfer auf andere Stoffe wie z.B. das Kerzenwachs eine notwendige Voraussetzung dar. Auch die Einführung in allgemeine naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen, wie z.B. Messen, Sammeln, Ordnen und Kategorisieren sowie das Aufstellen von Hypothesen (vgl. 00:06:10-2-00:08:44-5) sollte den fachlich und kognitiv anspruchsvolleren Themenbereichen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht vorausgegangen sein. Im Interview wird deutlich gemacht, dass die Verbrenungsbedingung Hitze oder Entzündungstemperatur zwar am schwersten zu vermitteln sind, hingegegen aber auch für so genannte "Aha-Effekte" im Verständnis bei Grundschülern sorgen kann und deshalb zentrales Element der Vermittlung sein sollte. Ebenfalls wird die Spezifität des Brennstoffes als eine Schlüsselstelle genannt, die im Hinblick auf die Vermeidung von "misconceptions" einen entscheidenden Beitrag liefern kann. Hier wird vom Interviewpartner empfohlen durch ausgiebige Reflexionen ein generelles Verständnis von stofflichen Unterschieden bei Brennstoffen anzubahnen und erste Transferleistungen zu unterstützen. Der Interviewpartner erläutert, dass für die Vermittlung das Prinzip der Anschlussfähigkeit maßgebend sein sollte, dass aber gleichzeitig dem Interesse der Schüler Rechnung getragen werden muss, indem das Phänomen "Feuer" ganzheitlich und "durch die Lupe" verschiedener Fachdisziplinen betrachtet werden muss. Nur so sei auch ein Perspektivwechsel bei Schülern zu gewährleisten, der wiederum notwendig für das Verständnis und die Anschlussfähigkeit wäre.

Die Graphik 7.3 zeigt alle in den Interviews genannten Aspekte in Form eines Clusters. Fett markierte Begriffe zeigen die Nennung von mindestens drei der Experten an. Querverbindungen zwischen einzelnen Begriffen wurden nur an besonders bedeutsamen Punkten aufgezeigt, um eine besser Übersichtlichkeit gewährleisten zu können. Im Folgenden sollen die Aspekte im Hinblick auf ihre Bedeutung für die Didaktische Strukturierung hin geordnet, diskutiert und zusammengefasst werden. Aus dieser Zusammenfassung ergeben sich die für die Didaktische Strukturierung notwendigen Leitlinien, welche im Kapitel 8 beschrieben werden.

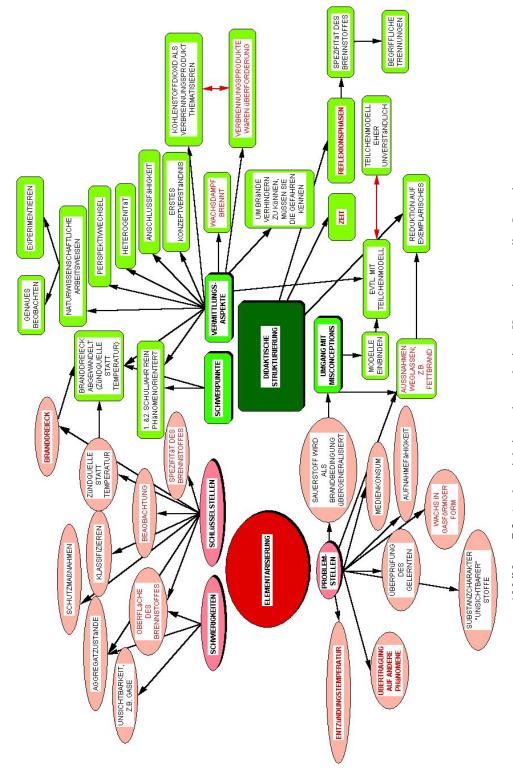


Abbildung 7.3: Analyseeinheiten mit zugehörigen Kategorien zu allen Interviews

#### 7.5.1 Interpretation der Ergebnisse aus den Experteninterviews

Insgesamt auffallend ist die Ähnlichkeit der Aussagen der Experten hinsichtlich notwendiger Voraussetzungen für **naturwissenschaftliches Arbeiten** mit Grundschülern. Hier wird vor allem das Erlernen des naturwissenschaftlichen **Experimentierens** mit den charakteristischen Eigenschaften wie z.B. dem Bilden von Hypothesen, der Entwicklung eines Versuchsaufbaus zur Überprüfung der Hypothese sowie Deutung der Ergebnisse eines Experiments gefordert. Dieser Anspruch erscheint im ersten Augenblick recht hoch gegriffen, um ihn für Grundschüler einzulösen, dennoch sollten erste Ansätze dazu angebahnt werden. Ebenso wird die Schulung des **genauen Beobachtens** und Klassifizierens in den Vordergrund gerückt. Von zwei Experten wird das Beobachten als eine Schlüsselstelle zum Experiment charakterisiert.

"Also wir, also ich persönlich denke, dass es das Wichtigste ist, dass man naturwissenschaftliche Arbeitsweisen schult und bewusst macht, dass das ist, wie das ist, also das man bestimmte Sachverhalte genau beobachtet und klassifiziert, also was ist trennbar etc. Das wäre ja schon so eine Klassifikation, das man bestimmte Werte vielleicht auch aus Tabellen abliest und ähnliches. [...]" (Interview 2: 00:05:00-3 - 00:06:07-2)

Des Weiteren wird als wesentlich für das Verständnis des Themenbereiches "Feuer und Verbrennungsprozesse" ein erstes konzeptuelles Verständnis vom Substanzcharakter unsichtbarer Stoffe (vgl. Interview 3; 00:15:36-8 - 00:17:37-8) angesehen. Es wird von den Interviewpartnern darauf hingewiesen, dass der gasförmige Aggregatzustand vermehrt zu misconseptions führt und deshalb notwendigerweise und in seperater Form vor der Behandlung des Themas Feuer bearbeitet werden sollte. Es ist anzunehmen, dass sich die Eigenschaften auf den konkreten Brennstoff übertragen lassen und somit weniger zu möglichen Fehlvorstellungen beitragen.

Der fachliche Hintergrund des Themenbereiches "Feuer und Verbrennungsprozesse" für Grundschüler wird im so genannten Verbrennungsdreieck gesehen. Dabei stellt die spezifische Entzündungstemperatur eines Brennstoffes eine große Problemstelle sowohl im experimentellen Bereich als auch im konzeptuellen Verständnis dar.

Frage:,, Wenn du jetzt nochmal auf dieses, auf die fachliche Ebene zurück kommst, an welchem Punkt würdest du am ehesten Schwierigkeiten für die Kinder sehen im Konzeptverständnis?"

Antwort: "Auf jeden Fall bei der Entzündungstemperatur. Das habe ich auch so festgestellt bei meiner Untersuchung, dass diese Bedingung der Entzündungstemperatur und der Hitze, überhaupt die Bedingung Hitze, also nicht nur die unterschiedlichen spezifischen Entzündungstemperaturen, sondern gerade Hitze, dass die Kinder das einfach nicht verstehen. Weil für die Brennbedingung nicht Hitze sondern eine Flamme ist." (Interview 2; 00:14:00-5 - 00:14:24-8)

Gleichzeitig nennen die Experten diese Bedingung einer Verbrennung aber als Schlüsselstelle zum Verständnis, sodass sie im didaktischen Konzept eigentlich nicht ausgespart werden darf. Eine Lösung wird vom dritten Interviewpartner gegeben, indem sich den Vorstellungen der Kinder angenähert wird und die Entzündungstemperatur auf die Notwendigkeit einer Zündquelle, wie z.B. eines Streichholzes, reduziert wird. Dieses ist didaktisch durchaus vertretbar und stellt eine adäquate und für Grundschüler angemessene Lösung des Problems dar. Auch im Hinblick auf die vielfach geforderte Anschlussfähigkeit von didaktischen Reduzierungen stellt diese Variante

keinen Nachteil dar.

Die Brandbedingung **Sauerstoff** wird in den von den Interviewpartnern beschriebenen konzeptuellen Umsetzungen berücksichtigt und weniger als Problemstelle angesehen. Es wird aber darauf hingeweisen, dass Grundschüler dazu neigen, die Bedingung Sauerstoff überzugeneralisieren.

"[...] Also für die ist, also ganz oft ist in dem Fall, wird in dem Fall gesagt, dass dann entweder die Flamme nicht durch kommt und das deswegen nicht brennt, oder ganz oft sagen Kinder auch, der Sauerstoff fehlt. Wahrscheinlich, ich weiß nicht genau, wie das kommt, denn andere Kinder sagen dann: "Wieso hier ist doch überall Sauerstoff im Raum. Aber wahrscheinlich ist Sauerstoff für die Kinder die offensichtlichste Bedingung und deswegen entziehen sie sie vielleicht auch am schnellsten. [...]" (Interview 2; 00:14:28-2 - 00:15:34-3)

Dieses wird durch die Beeinflussung von Medien unterstützt und kann problematisch werden. Es wird von den Experten kein Hinweis auf sinnvolle Experimente gegeben, die den Unterschied zwischen Luft und Sauerstoff thematisieren. Bereits in Kapitel 4.4 und den Darstellungen der für diese Untersuchung eingesetzten Experimente wurde darauf aufmerksam gemacht, dass die "klassischen" Abdeckversuche, bei denen eine Kerze mit verschieden großen Gläsern abgedeckt wird, bis das Feuer erlischt, kein sinnvolles Experiment für die Verdeutlichung von Sauerstoff als Brandbedingung ist. Auch der beschriebene Versuch "Kerzenfahrstuhl" (ebenfalls in Kapitel 4.4 beschrieben) trägt aufgrund seiner fachlich inkorrekten Deutung nur bedingt zu einem Verständnis von Sauerstoff als Brandbedinung bei. Hier wäre es sicherlich angebracht, genauer auf das Gas Sauerstoff einzugehen und ggf. Unterschiede zwischen den Gasen Sauerstoff und beispielsweise Kohlenstoffdioxid zu zeigen, indem man die Gase einzeln betrachtet und untersucht. Im Hinblick auf eine sinnvolle didaktische Reduktion, wäre es nach Aussage der Experten allerdings auch angebracht, nur von Luft als Brandbedingung zu sprechen. Da die Schüler hier aber ausgeprägtes Vorwissen haben, sollte die Reduktion nur dann angewendet werden, wenn sie für die Lerngruppe keinen Rückschritt bedeutet. Ansonsten wäre es nicht anschlussfähig, nur von der Luft als Brennbedingung zu sprechen. Es könnte von Vorteil sein, in angemessenen Reflexionsphasen ein erstes Verständnis von Sauerstoff als Teil der Umgebungsluft zu entwickeln.

Die Brandbedingung **Brennstoff** wird von den Experten als essentiell für das Verständnis von "Feuer und Verbrennungsprozessen" angesehen und stark differenziert thematisiert. Als exemplarisch für einen Brennstoff wird das **Wachs** angesehen, da dies auch einen großen experimentellen Rahmen zulässt. Die Problematik des Aggregatzustandes wurde bereits erwähnt. Es wird vermehrt darauf hingewiesen, dass eine **Reduktion auf Exemplarisches** mögliche *misconceptions* vermeiden kann, die z.B. durch Ausnahmen, wie den Fettbrand durch wenig Reflexion der Spezifität des Brennstoffes geradezu angebahnt werden. Die **Spezifität des Brennstoffes** sollte nach Meinung der Experten unbedingt zum Thema im Unterricht mit Grundschülern gemacht werden.

"Also von den Versuchen her werden sie wohl über einen Fett- oder Wachsbrand drauf gekommen sein. das sie das irgendwie durcheinander gebracht haben. Das haben sie gesehen, das war wahrscheinlich sehr eindrücklich und sie haben eben also Feuer und Wasser ergibt eine Stichflamme, es fehlt ja nur noch das es ein bestimmtes Feuer ist. Und entsprechend gilt es ja hier auch. Hier fehlt ja im Grunde genommen nur das Wort und was ich interessant finde ist, also nehmen Schüler oder manche, Feuer eher als etwas ganz allgemeines und was aus einer chemischen Perspektive

ganz entscheidend ist, das es ja verschiedene Feuer gibt, und das das was mit spezifischen Stoffen, Stoffe haben Eigenschaften, also diese ganze Stoff-Eigenschafts-Konzept, das das offensichtlich nicht wahrgenommen wird. Und das Feuer, als Feuer ist Feuer. So wie Wasser gleich Wasser ist. Also so im Sinne von einer Vier-Elemente-Lehre, was ja auch zum Teil so propagiert wird unter anderem auch bei CHEMOL. Es ist ja bewusst auch so angeordnet. Vielleicht ist das für Kinder schwieriger oder vielleicht muss man genau diesen Zusammenhang, der ja im Hinblick auf eine Anschlussfähigkeit zentral ist, vielleicht muss man das auch stärker thematisieren. Das ist für uns ja selbstverständlich. Bei CHEMOL, so wie ich das bei uns auch kenne, weiß ich gar nicht genau, ob wir da nicht auch mal den Fehler machen, dass für uns klar ist, dass ein Wachsfeuer etwas anderes ist als ein Holzfeuer, aber vielleicht kommt diese Differenzierung bei den Kindern gar nicht so an." (Interview 4; 00:18:04-7 - 00:20:10-2)

Es wird ebenfalls empfohlen, zunächst auch eine begriffliche Trennung vorzunehmen, indem von einem Wachsfeuer, einem Holzfeuer o.ä. gesprochen wird, um die Spezifität des Brennstoffes zu indizieren. Die **Oberfläche und der Zerteilungsgrad** des Brennstoffes wird sowohl als eine mögliche Problemstelle als auch als eine Schlüsselstelle zum Verständnis angesehen und sollte demnach in die didaktische Konzeption eingebunden werden.

Die Experten nennen zudem auch ganz allgemeine Aspekte, die bei der didaktischen Umsetzung berücksichtigt werden sollten. Hier wird zum einen die **Heterogenität** der Lerngruppen, speziell in der Grundschule, genannt, auf die durch entsprechende Differenzierungsmaßnahmen eingegangen werden muss, als auch die **Anschlussfähigkeit** die bei aller Reduzierung erhalten bleiben sollte. Es wird darauf aufmerksam gemacht, dass viele naturwissenschaftliche Themen auch einen **Perspektivenwechsel** im Sinne einer fachgrenzenübergreifenden Konzeption zulassen und nicht ausschließlich mit den Methoden der Naturwissenschaften bearbeitet werden sollten.

"[...] Sondern im Grunde da schon die Grundlage zu legen, dass es auf der stofflichen Ebene, also ich würde es nicht so benennen, aber auf der stofflichen Ebene passiert was, aber das ist nicht identisch mit dem, was auf der Teilchenebenen passiert. Und gleichzeitig finde ich es aber auch wichtig, dass Feuer, das ist ja was ganz Ambivalentes, das hat ja was ganz destruktives, und es hat ja gleichzetig auch Wärme und so weiter. Was sehr produktives, was sehr positiv konnotiert ist. Aber ich finde es sehr schön und ich finde, dass dafür der Sachunterricht sehr schön geeignet ist, wenn man diese verschiedenen Aspekte und Reaktionen auch in den Unterricht mit rein nimmt. Also vielleicht so ein bißchen mit dem Hintergedanken, dass Sachen einfach immer verschiedene Perspektiven haben. Ich finde, das kann man daran ganz gut zeigen. Sich zu üben in, also die Biologen, die sagen immer, also der Hund der kann einerseits mein Freund sein, aber ich kann den auch als Haustier oder Nutztier sogar, also immer eine biologische Kategorisierung vornehmen, aber er kann gleichzeitig, hab ich ein ganz beseeltes Verhältnis zu diesem Tier. Und das muss irgendwie nebeneinander möglich sein. Und vielleicht kann man das auch bei diesem Thema oder dafür finde ich eignet es sich auch besonders gut. Ich glaube, weil es ein Stück weit ein Thema ist, was ein bißchen emotionaler ist, als jetzt Stoff-Trennung." (Interview 4; 00:25:20-3 - 00:28:22-1)

Notwendige Voraussetzung für ein erstes Konzeptverständnis ist, und das wird von allen Experten ausdrücklich betont, ein großer **Zeitrahmen** und die Möglichkeit viele **kleinschrittigen Reflexionsphasen** einzubinden. Hier stellen die schulischen Rahmenbedingungen des Sachunterrichts

sicherlich eine sehr große Hürde dar, die es bei allen didaktischen Konzeptionen nicht außer Acht zu lassen gilt.

Das **Arbeiten mit modellhaften Vorstellungen**, insbesondere mit einfachen Teilchenmodellen wird von den Experten als generell möglich eingeschätzt, allerdings auch aufgrund des zeitlichen Rahmens im Grundschulunterricht als zu zeitaufwendig.

"[...] Aber wenn man mal die kleinsten Sachen mit den Kindern untersucht, ob man jetzt mal einfach guckt: was passiert, wenn man Steine in ein Glas mit Wasser wirft? Was da alles dabei heraus kommt an Beobachtungen und das ist also hochinteressant. Und dann sehen die Kinder dies oder das, manches können sie alleine erklären auch mit ihren eigenen Worten, das dann auch schon den Sachverhalt trifft und oft kann man auch nicht alles erklären oder man kann es versuchen mit Teilchenmodellen zum Beispiel ihnen was verständlich zu machen, wobei man nie genau weiß, haben sie es wirklich begriffen. Also man muss ein bisschen vorsichtig sein. [...]" (Interview 1; 00:04:54-5 - 00:07:13-1

Frage: "Meinst du, dass es möglich wäre auch mit Grundschülern schon so ein vereinfachtes Teilchenmodell zu besprechen?"

Antwort: "Also eine Frage die man, also man kann ja über Grundschüler sagen, was man will, aber es endet immer bei dieser Frage. Bei jedem Vortrag, es scheint alle zu beschäftigen. Also ich meine, man kann es, weil ich glaube, dass nicht das Problem ist, das Teilchenmodell sondern die Probleme sind eigentlich eher das es problematische Vorstellungen über die Bedeutung von Modellen gibt, über den Zusammenhang von Stoff und Teilchen, also diese Zusammenhänge sich klar zu machen. Deswegen glaube ich es geht prinzipiell, aber ich glaube man braucht unglaublich viel Zeit, damit es nämlich nicht zu irgendwelchen nicht tragfähigen Vorstellungen führt. Und ich frage mich, ob das eigentlich, also der Sachunterricht ist ja schon ziemlich zugepropft, es ist ja nicht so, dass man sich da langweilt und Däumchen dreht, und vielleicht ist es gut den Schritt da nicht auch noch mit rein zu nehmen. Insbesondere vor dem Hintergrund dass wir ganz viele Sachunterrichtslehrkräfte haben, die sich eben zu wenig damit auskennen und das könnte möglicherweise schwierig sein. Es gibt sozusagen keinen prinzipiellen Grund, aber ich glaube wenn, dann braucht man ganz viel Zeit und man muss eben darüber sprechen, was bedeutet das. Das ist glaube ich der Dreh- und Angelpunkt. Und weil das immer so eine Frage ist, kommen nicht ganz viele Schüler von sich aus schon mit einer Teilchenvorstellung, das mag sein, dass es die gibt, aber ich glaube nicht, dass das so wahnsinnig häufig vorkommt. Wenn man sie anguckt, wie schwierig das ist im Anfangsunterricht Teilchenvorstellungen einzuführen, dann wäre es eigentlich auch etwas erstaunlich, wenn in der Grundschule ganz viele immer schon sagen, müsste man hier nicht ein Teilchenmodell..." (Interview 4; 00:28:30-8 - 00:30:48-0

Da die Einführung womöglich einen Zugewinn bringen könnte, stellt sich die Frage, ob es nicht sinnvoll wäre, dieses zu den notwendigen Voraussetzungen für das naturwissenschaftliche Arbeiten zu machen, wie es beispielsweise in den Curricula von Großbritannien und Australien vorgesehen ist. Dieses stellt ein Desideratum für weitere Untersuchungen dar.

Insgesamt stellen die Aussagen der Experten ein homogenes, weitestgehend widerspruchsfreies Konzept von Inhalten dar, die für die Didaktische Strukturierung des Themenbereiches "Feuer und Verbrennungsprozesse" notwendig und sinnvoll sind. Unterschiedliche Auffassungen gibt es

lediglich zur Behandlung der Verbrennungsprodukte im Sachunterricht. Für die Elementarisierung des Lerngegenstandes sind aus fachlicher Sicht demnach die Aspekte des Verbrennungsdreiecks mit den Unterpunkten, Zerteilungsgrad, Spezifität des Brennstoffes, Sauerstoff oder Luft und die Entzündungstemperatur mit der nötigen Reduzierung auf eine Zündquelle, die Aggregatzustände sowie der Substanzcharakter gasförmiger (unsichtbarer) Stoffe identifiziert worden. Auf Seiten allgemeiner didaktischer Zielsetzungen konnte das naturwissenschaftliche Arbeiten mit den Unterpunkten des genauen Beobachtens, des Klassifizierens und des Experimentierens, die Rücksichtnahme auf die große Heterogenität einer grundschulspezifischen Lerngruppe, die Gewährleistung der Anschlussfähigkeit bei aller Reduktion von Inhalten, das Einräumen von Möglichkeiten zum Perspektivenwechsel im Sinne von fachgrenzenübergreifenden Aspekten, die Einräumung von angemessen großen Zeitrahmen und Möglichkeiten zur Reflexion sowie die mögliche Einbindung des Arbeitens mit vereinfachten Teilchenmodellen durch die Experteninterviews ermittelt werden. Die nachfolgenden zwei Tabellen zeigen abschließend eine Übersicht über die ermittelten Inhalte zusammenfassend dar:

| Fachliche Ebene                      |                                   |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
|                                      |                                   |
| Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen | Experimentieren                   |
|                                      | Genaues Beobachten                |
|                                      | Klassifizieren                    |
|                                      | Hypothesen bilden                 |
| Notwendige Voraussetzungen           | Aggregatzustand                   |
|                                      | Substanzcharakter "unsichtbarer"  |
|                                      | (gasförmiger) Stoffe              |
| Inhalte des Verbrennungsdreiecks     | Spezifität des Brennstoffes       |
|                                      | Zerteilungsgrad                   |
|                                      | Sauerstoff in Abgrenzung zu ande- |
|                                      | ren Gasen                         |
|                                      | Entündungstemperatur mit Reduk-   |
|                                      | tion auf                          |
|                                      | Zündquelle                        |
| Reduktion auf Exemplarisches         | Ausnahmen können zu Verwirrun-    |
|                                      | gen führen                        |

Tabelle 7.1: Forderungen auf fachlicher Ebene ermittelt durch Experteninterviews

| Allgemeinpädagogische Eber | ne                               |
|----------------------------|----------------------------------|
| Rahmenbedingungen          | Heterogenität                    |
|                            | notwendige Differenzierung       |
|                            | Zeitrahmen                       |
| Konzeptuelle Basis         | kleinschrittige Reflexionsphasen |
|                            | Perspektivenwechsel              |
|                            | Modellhafte Vorstellungen anbah- |
|                            | nen                              |

Tabelle 7.2: Forderungen auf allgemeinpädogischer Ebene ermittelt durch Experteninterviews

# 7.6 Gütekriterien der fachdidaktischen Klärung

Die Klärung der fachlichen Elemente des Lerngegenstandes zielt besonders auf die didkatisierbaren Aspekte ab. Dies wurde bereits im Design der Teiluntersuchung angelegt, indem die Auswahl der Untersuchungsinhalte sich am übergeordeneten Gütekriterium der Viabiltät (Brauchbarkeit) orientierte. Im Folgenden sollen weitere für qualitative Untersuchungen allgemein anerkannte Gütekriterien beschrieben werden und die Betrachtung dieser Teilstudie abschließen. Die Gütekriterien sind an Kernkriterien nach Steinke (2000) angelehnt.

Das Kriterium der **Intersubjektiven Nachvollziehbarkeit** zielt darauf, Forschungsprozesse so aufzubereiten, dass sie für andere Forscher transparent und nachvollziehbar werden. Dazu wurde

in dieser Teiluntersuchung der gesamte Forschungsprozess offengelegt. Die Fragestellung der Untersuchung ist aus dem Forschungsinteresse der Gesamtuntersuchung hervorgegangen und wurde theoretisch fundiert. Die verwendeten Methoden zur Datenauswertung und Analyse wurden in dieser Teiluntersuchung anhand von exemplarischen Beispielen aufgezeigt.

Um dem Kriterium der **Indikation des Forschungsprozesses** nachzukommen, wurde eine anerkannte Auswahl von Forschungsmethoden gewählt und im Hinblick auf ihre Intention diskutiert. Hierzu zählt beispielsweise die Verwendung der Methoden der Qualtitativen Inhaltsanalyse oder der Expertenbefragung. In der Arbeit wurde die Auswahl diskutiert und dokumentiert.

Die Theoriebildung als empirische Verankerung wurde in der Teiluntersuchung gewährleistet, indem die Datenauswertung in einem iterativen Prozess zwischen Datensatz und Interpretation stattfand. Die Ergebnisse wurden durch die Methode der Kommunikativen Validierung durch zwei weitere Forscher bestätigt.

Die Möglichkeiten und Grenzen der Übertragbarkeit der Ergebnisse (**Limitation**) wurde durch eine systematische Fallkontrastierung gewährleistet. Das heißt jeder Fall wurde unabhängig von dem Anderen interpretiert und die Ergebnisse aller Experteninterviews wurde erst am Schluss der Betrachtung zusammengeführt. Um Grenzen der Übertragbarkeit zu minimieren, wurde die Teiluntersuchung auf die Erfahrungen von Experten aufgebaut.

Damit der Forscher in seinem Blick auf die Daten nicht beeinflusst ist und Ergebnisse dahingehend interpretiert, wird das Kriterium der **Reflektierten Subjektivität** verwendet, was in dieser Teiluntersuchung vor allem durch die Verwendung der Kommunikativen Validierung als äußere Instanz der Überprüfung der Interpretation sowie eine detaillierte Dokumentation der Erhebungssituationen gewährleistet wurde.

Leerstellen und Widersprüche wurden in der Interpretation aufgezeigt und damit das Kriterium der Kohärenz erfüllt.

Das Kriterium der **Relevanz** zielt auf die Brauchbarkeit der Ergebnisse. Hier wurde bereits in der Anlage der Teiluntersuchung das Kriterium der Viabilität als übergeordnet gesetzt. Des Weiteren stellen die gewonnenen Ergebnisse die Vermittlungsabsicht heraus und orientieren sich an der fachlichen Korrektheit. Die speziellen Bedürfnisse von Grundschülern wurden in der Erhebung und der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt und spiegeln damit auch das oben genannte Kriterium der Relevanz wider.

Im Folgenden werden die Güterkriterien noch einmal tabellarisch zusammengefasst.

| Kriterium  | Kurzbeschreibung   | Erfüllung des Kriteriums in der Teilstudie   |
|--|--|--|
| Inter-<br>subjektive<br>Nachvoll-<br>ziehbarkeit | Überprüfung der<br>Nachvollziehbarkeit<br>zwischen Forschern<br>untereinander und<br>gegenüber dem<br>Leser. | <ul> <li>detaillierte Beschreibung des Forschungsprozesses.</li> <li>theoretische Einbettung der Fragestellung.</li> <li>Markierung des methodischen Vorgehens der Datenauswertung anhand von Beispielen.</li> </ul> |

wird fortgesetzt

### Fortsetzung

| Fortsetzung  | T7 1 1 11  | T1 (**)1 1 17 *4 * * 1 15 *1. 11   |
|--|--|--|
| Kriterium  | Kurzbeschreibung   | Erfüllung des Kriteriums in der Teilstudie   |
| Indikation<br>des For-<br>schungspro-<br>zesses                      | Angemessenheit des<br>Forschungsdesigns  | <ul> <li>Begründete Auswahl an anerkannten Forschungsmethoden und Verfahren.</li> <li>Dokumentation der Auswahl.</li> </ul>  |
| Empirische<br>Verankerung<br>der Theorie-<br>bildung und<br>-prüfung | Theoriebildung aufgrund systemati- scher Datenanalysen. Beständige Rück- bindung an die Empirie. | <ul> <li>Systematisches iteratives Vorgehen innerhalb der Teilstudie und in Beziehung zu den anderen Teilstudien.</li> <li>Kommunikative Validierung der Ergebnisse.</li> </ul>  |
| Limitation   | Definition von Möglichkeiten und Grenzen der Übertragbarkeit.                                    | <ul> <li>systematische Fallkontrastierung.</li> <li>Rückgriff auf Erfahrungen von Experten als<br/>Minimierungsfaktor für Grenzen.</li> </ul>  |
| Reflektierte<br>Subjektivität  | Analyse der Einflüsse durch den Forscher.  | <ul> <li>Kommunikative Validierung als äußere Instanz der Überprüfung.</li> <li>Detaillierte Dokumentation aller Erhebungssituationen.</li> </ul>  |
| Kohärenz   | Innere Konsistenz<br>und äußere Viabilität<br>der gewonnenen<br>Ergebnisse                       | <ul> <li>Aufzeigen von Leerstellen und Widersprü-<br/>chen in der Interpretation der Ergebnisse.</li> </ul>  |
| Relevanz   | Erklärungspotential<br>der gewonnenen<br>Ergebnisse  | <ul> <li>Primat der Vermittlungsabsicht</li> <li>Fachliche Korrektheit im Sinne der Einhaltung des Wahrheitsgehalts.</li> <li>Spezielle Bedürfnisse der Zielgruppe (Grundschüler) werden in den Ergebnissen berücksichtigt.</li> </ul> |

**Tabelle 7.3:** Gütekriterien der Fachdidaktischen Klärung in Anlehnung an Steinke (2000)

# 8 Didaktische Strukturierung

Die Didaktische Strukturierung stellt das Ergebnis der vorliegenden Arbeit dar und führt die Ergebnisse aus den verschiedenen Teiluntersuchungen zusammen. Dabei entsteht die Grundlage für ein mögliches Exempel naturwissenschaftlichen Sachunterrichts im Allgemeinen sowie das Thema "Feuer und Verbrennungsprozesse" im Speziellen. Besondere Berücksichtigung findet dabei der (lerneffektive) Einsatz des Concept Mappings. Exemplarisch sollen bereichsspezifische Grundannahmen erläutert sowie konkrete Inszenierungsmöglichkeiten vorgestellt und diskutiert werden.

Im Folgenden werden zunächst Inhalte für eine notwendige theoretische Fundierung in Form einer theoretischen Rahmung gegeben. Diese umfasst die Bereiche lerntheoretischer, epistemologischer und wissenschaftspropädeutischer Grundannahmen. Anschließend werden Forderungen aus den Teilstudien in Form von Leitlinien sowie mögliche didaktische Konkretisierungen expliziert. Ein abschließender Ausblick stellt Möglichkeiten der Vertiefung von Teilaspekten der Arbeit heraus.

# 8.1 Bildungstheoretische Rahmung der Didaktischen Strukturierung

Zur besseren Übersicht über die im Folgenden dargestellten Aspekte werden diese zunächst in graphischer Form aufgezeigt und anschließend detailliert beschrieben.

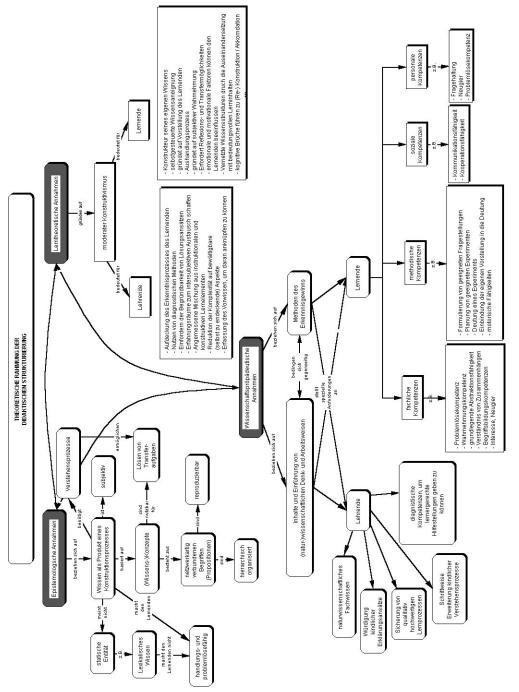


Abbildung 8.1: Graphische Darstellung der rahmenden Elemente der Didaktischen Strukturierung

### 8.1.1 Lerntheoretische Grundannahmen

Für die hier gewählte Rahmung der Didaktischen Strukturierung wurde als lerntheoretische Grundannahmen der moderate Konstruktivismus gewählt. *Konstruktivismus* und *konstruktivistisch* sind zur Zeit sehr gern gebrauchte Begriffe, die gerade im Lehr-Lernkontext in unterschiedlichsten Zusammenhängen benutzt werden. Häufig ist es schwer zu erkennen, was konstruktivistisch bedeutet. Vielfach werden Modelle und Theorien dem Konstruktivismus zugeordnet ohne genau zu definieren, was darunter zu verstehen ist. An dieser Stelle soll der Versuch unternommen werden, die grundlegenden Annahmen, die für die hier explizierte Rahmung der Didaktischen Strukturierung notwendig sind im Hinblick auf ihren konstruktivistischen Kern zu beschreiben, wobei sachunterrichtliche Aspekte fokussiert werden.

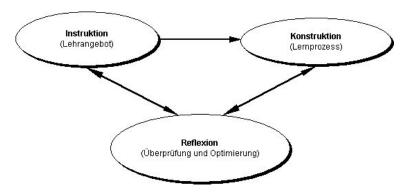
Konstruktivistisches Denken zeichnet sich vor allem durch seine starke Prozessorientierung aus. Der Lernende wird dabei als aktives, selbstgesteuertes und selbstreflektiertes Subjekt in den Mittelpunkt des Vermittlungsprozesses gestellt (Gerstenmaier u.a. 1995). Im Zusammenhang mit Lernprozessen wird versucht, dem Lernenden durch Anregungen von außen zu internen Strukturverändernungen anzuregen. Strike u.a. (1982; 1992) sehen diese Strukturveränderung oder Vorstellungsänderung als Ziel des Vermittlungsprozesses an. Diese Vorstellungsänderung geschieht häufig durch einen Dialog, bei dem Lösungen für eine Problemstellung gemeinsam, in Kooperation gefunden werden. Konstruktivistische Lernprozesse sind auch immer Aushandlungsprozesse bei denen die Positionen unterschiedleher Mitglieder als "anders-wissend" aufgefasst werden. Auch der Lehrer stellt dabei nicht den "Mehr-wissenden" dar (Wyrwa 1996; zit. nach Greinstetter 2009). Vom Lehrer wird in konstruktivistischen Lernumgebungen verlangt, dass dieser dem Lernenden die eigenen Grenzen des Erklärungskonzeptes aufzeigen und gleichzeitig Möglichkeiten bieten, Erfahrungen mit andersartigen Konzepten zu machen, um diese ggf. in die eigenen kognitiven Strukturen zu integrieren.

Wahrnehmung, Reflexion und Transfer von Lerninhalten stellen Grundelemente konstruktivistischen Lernens und Lehrens dar, welche zum Einen notwendige Fähigkeiten des Lernenden voraussetzen, zum Anderen die Entwicklung von Lernumgebungen maßgeblich beeinflussen. Durch entsprechende Lernumgebungen kann die Wissensgenerierung in einem individuellen Prozess stattfinden, wobei es nicht um die Übernahme von gemeinhin gültigen Wissenskonzepten geht, sondern vielmehr um den individuellen Prozess. Prinzipiell sollte der Lernprozess ein weitestgehend selbstgesteuerter sein. Emotionale und motivationale Faktoren stehen dabei in einem Spannungsverhältnis zum Gegenstand und können diesen Prozess maßgeblich beeinflussen.

Konstruktivistisches Lernen kann als die Entwicklung von vernetzten (kognitiven) Wissenstrukturen aufgefasst werden. Dabei werden nur bedeutungsvolle neue Aspekte in bestehende Netzwerke integriert, was für die Initiation von Lernprozessen bestimmte Voraussetzungen erfordert. Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion zeigt Perspektiven exemplarisch auf, Lernprozesse in Gang zu setzen, die aufbauend auf dem aktuellen Wissensstand der Lernenden durch Integration von Fragestellungen, die ggf. kognitive Brüche beim Lernenden hervorrufen, zu einer Rekonstruktion des Lerngegenstandes führen können.

Zwei Aspekte sind beim konstruktivistischen Lernen von besonderer Bedeutung: Im Gegensatz zum reproduzierten Wissen, sollen die Strukturen des Lerngegenstandes beim rekonstruierten Wissen selbst entdeckt werden. Dies erfordert notwendige Reflexionsphasen, welche im Lernprozess berücksichtigt werden müssen. Desweiteren sollte allerdings nicht vollständig auf instruk-

tionale Aspekte verzichtet werden, um eine Orientierung im Gebiet des Lerngegenstandes zu gewährleisten. Gerade bei Konzeptionen, die sich schwerpunktmäßig auf das Lernen von Grundschülern beziehen, sollte der Grad des instruktionalen Lernangebotes deutlich höher ausfallen, als bei älteren Schülern, da Grundschüler sich sonst schnell in komplexen Themengebieten verlieren, kognitive Zusammenhänge nicht mehr aufeinander beziehen können und schließlich den Überblick verlieren, was zu einer eher oberflächlichen isolierten Verarbeitung der Inhalte und reinem Reproduktionswissen führen kann. Dieser Zusammenhang wird auch von Parchmann u.a. (2006) herausgestellt und graphisch folgendermaßen dargestellt (vgl. Abbildung 8.2).



**Abbildung 8.2:** Kompetenzentwicklung durch die Verknüpfung von Instruktion, Konstruktion und Reflexion (Parchmann u.a. 2006:125)

Konstruktivistisches Lernen bietet somit die Haltung zur Förderung selbstbestimmten Lernens an. Auf ein ausgewogenes Maß an Selbst- und Fremdbestimmung ist bei Grundschülern dennoch zu achten.

### Sachunterricht unter konstruktivistischer Perspektive

Wie bereits erwähnt, stellt der Konstruktivismus eine spezielle Haltung gegenüber der Didaktik und dem Wissenserwerb dar, die sich im Unterricht in unterschiedlichen Inszenierungsformen manifestiert. Der Sachunterricht zielt darauf ab, Schüler im Aufbau ihrer Urteils-, Reflexionsund Handlunsgfähigkeit durch die Anbahnung fachspezifischen Wissens in den Fachgebieten Zeit und Geschichte, Technik, Gesellschaft und Politik, Raum und Natur zu unterstützen (Niedersächsisches Kultusministerium 2006). Dabei stellt die handelnde Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand das primäre didaktische Prinzip des Wissensaufbaus dar. Durch eigene Erfahrungen sollen sowohl die Fragehaltung der Schüler gefördert als auch allgemeingültige Generalisierungsmöglichkeiten geschaffen werden. Dabei dienen fachliche Fragestellungen und fachspezifische Begriffe dem Erwerb von anschlussfähigem (Fach-)Wissen.

Konstruktivistischer Sachunterricht zeichnet sich besonders durch das Primat der Nützlichkeit aus. Das heißt, dass Lerninhalte bedeutsam sind, wenn sie dem Lernenden dazu nützen, in seiner Umwelt widerspruchsfrei zu handeln. In diesem Zusammenhang wird auch von der Viabilität (Brauchbarkeit) als ein konstruktivistisches Kriterium für die erfolgreiche Auseinandersetzung des Individuums mit seiner Umwelt gesprochen (Glasersfeld, 2003; Klein u.a. 2007).

Für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht, welcher sich auf die Bedürfnisse von Grund-

schulkindern bezieht, besteht die Nützlichkeit von konstruktivistisch-orientierten Lernkonzeptionen darin, dass sie die Schüler in erster Linie handlungsfähig machen sollen. Wenn ein Schüler beispielsweise erfährt, dass ein Feuer ohne Luft nicht brennt, kann er dies womöglich auf Löschsituationen übertragen und erklären, warum ein Feuer ausgeht, wenn es mit einer Löschdecke abgedeckt wird.

Einige weitere Prinzipien sind bei konstruktivistischen Lernkonzeptionen zu beachten und werden auch auf die hier im Folgenden dargestellte Lernkonzeption angewendet (Klein u.a. 2007):

- Es besteht ein großes Interesse an der Aufdeckung der Erkenntnisprozesse des Lernenden.
   Dabei besteht das Interesse des Lehrenden darin, diesen Erkenntnisprozess als diagnostisches Mittel zu nutzen, für den Lernenden bietet sich die Möglichkeit, seinen eigenen Lernprozess transparent und damit selbststeuerbar zu machen.
- Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, dass individuelle Wissensstrukturen begründbar sein sollten, sodass beim Lernenden kognitive Dissonanzen detektiert werden können. Es ist demnach zweckmäßig, wenn der Lernende über entsprechende Methoden der Explizierung von Wissen verfügt.
- Bei der (Re-)Konstruktion von Wissen spielt die Kommunikation und der Austausch von intersubjektiven Erfahrungswelten eine große Rolle. Dabei können die beiden erstgenannten Prinzipien angewendet und gefördert werden. Das eigene Wissen wird durch den Austausch mit Kriterien der Objektivität konfrontiert und muss sich diesen stellen.

# Konstruktivistisches Lernen von Grundschülern - Berücksichtigung spezieller Voraussetzungen

Grundschüler sind aufgrund ihres Alters am Beginn ihrer Entwicklung von Problemlösekompetenz und Fähigkeiten des selbstgesteuerten Lernens. Schulischer Unterricht sollte dazu beitragen diese Fähigkeiten zu fördern und auszubauen. Damit für Grundschüler eine Problemstellung bedeutsam wird, muss sie in ihrem Lebenskontext eine Rolle spielen, darf nicht zu abstrakt sein und sollte zunächst an ihrem Vorwissen anknüpfen. Für die Lehrperson besteht die besondere Aufgabe darin, die Komplexität einer Problemstellung so zu reduzieren, dass einzelne Aspekte von Grundschülern zu bewältigen sind und sukzessive bearbeitet werden können. Änderungen kognitiver Strukturen bedürfen immer einer gewissen Zeit, die bei komplexeren Problemstellungen auf jeden Fall einzuplanen ist.

Das Vorwissen von (Grund-)Schülern zu erfassen stellt immer noch eine große Herausforderung für Lehrer dar. Methoden die dazu genutzt werden können, sind das Gespräch in der Klasse, wobei individuelles Vorwissen dabei eine untergeordenete Rolle spielt; ebenso können Visualisierungsmethoden wie die verschiedenen Mappingtechniken dazu genutzt werden. Bei Grundschülern sollte immer auf individuellen Erklärungsansätzen aufgebaut werden, die ggf. durch entsprechende Problemstellungen erweitert werden können. Problemlösekompetenz geht hier auch stark mit der allgemeinen Kompetenz der sprachlichen Explikation von Wissen einher und sollte entsprechend gefördert werden. Beide Kompetenzen bedingen sich dabei gegenseitig.

Die Fähigkeit des eigenständigen Lernens ist ein sich lebenslang weiterentwickelnder Prozess, der bereits im Grundschulalter durch Lernumgebungen, die einen hohen Aufforderungcharakter

für kognitiv anspruchsvolle Lernformen haben, gefördert werden kann. Dabei werden metakognitive Prozesse unterstützt, die als Voraussetzung für eigenständiges Lernen gesehen werden (v. Aufschneiter 1998).

Außerdem sollte der Konstruktionsprozess Möglichkeiten zur Hierarchisierung von Wissensinhalten haben, damit die Komplexität der vernetzten Inhalte in strukturierter Form gespeichert werden kann.

### 8.1.2 Epistemologische Grundannahmen

Im vorangegangenen Abschnitt wurden grundlegende Prinzipien konstruktivistischer Lerntheorien beschrieben. Dabei steht die Frage nach dem Prozess der Wissensgenese im Vordergrund. Im Folgenden werden die epistemologischen Grundannahmen, welche für die hier ausgeführte Didaktische Strukturierung notwendig sind, kurz erläutert.

Die epistemologischen Grundannahmen beziehen sich vielmehr auf das Produkt des Konstruktionsprozesses. Dabei wird Wissen als vom Subjekt konstruiert betrachtet. Wissen sollte nicht als statische Entität betrachtet werden sondern als ständige Veränderung sich neu strukturierender Konzepte und Begriffe. Dies steht in einem Spannungsverhältnis zu dem so genannten lexikalischen oder trägen Wissen, welches nur reproduzierbar, nicht aber anwend- und transferierbar ist. Selbst konstruiertes Wissen sollte das Subjekt in erster Linie handlungsfähig machen. Dazu braucht der Lernende spezielle Konzepte, welche auf netzwerkartigen kognitiven Begriffsstrukturen basieren und aus Begriffen und Relationen (Propositionen) bestehen (Anderson 1988). Hier deutet sich bereits an, dass der Wissenserwerb eng an Begriffsbildungsprozesse geknüpft ist. Reusser (1998) zählt den Erwerb von Begriffen zu den Basisfunktionen des kognitiven Systems. Er stellt Kriterien wie Vernetzheit, Transparenz, Differenzierung und Integration, Hierarchisierung, logische Konsistenz, Systemhaftigkeit und Stabilität als Merkmale der Qualität von Strukturiertheit von Wissen heraus. Aebli (1981) weist auf die besondere Bedeutung einer hierarchisch organisierten und netzwerkartig strukturierten Begriffsassimilation hin und macht deutlich, dass dieser Prozess ein mehrstufiger ist (vgl. auch Kapitel 3).

Die Dimensionen Wissen und Verstehen sind dabei nicht synonym sondern stehen für unterschiedliche Qualitäten. Während Wissen in sich konsistent sein mag, so bezieht sich Verstehen viel mehr auf den Konstruktionsprozess. Köhnlein (2001) erläutert, dass Verstehen auf der Suche nach Begründungen und Erklärungen beruht. Die (Re-)Konstruktion von Zusammenhängen und Bedeutungen schafft erst die Bedeutsamkeit und Sinnhaftigkeit eines Lernprozesses. Für Verstehensprozesse ist die Begriffsbildung eine notwendige Voraussetzung.

### 8.1.3 Wissenschaftspropädeutische Grundannahmen

Neben den Inhalten für die Einführung und Vermittlung von Denk- und Arbeitsweisen, bezieht sich die Wissenschaftspropädeutik auch auf die wissenschaftlichen Methoden des Erkenntnisgewinns sowie die Einführung in gängige Wissenschaftstheorien. Bereits in der Antike wurden Heranwachsende in die Methoden der Philosophie eingeführt und mit ihren Techniken, wie der Logik, vertraut gemacht. Platon versuchte seine Schüler zu tieferer Einsicht und Erkenntnis zu bringen, indem er sie von ihren an Erscheinungen verhafteten Vorstellungen durch den Dialog

abbrachte (vgl. Platons Menon).

Bezogen auf die Adressatengruppe Grundschüler stellt sich die Frage nach den Inhalten wissenschaftspropädeutischer Ansätze in didakischen Strukturierungen. Da diese Gruppe in ihrer bisherigen Schulzeit keinen Fachunterricht hatte, stehen die Inhalte in einem Spannungsverhältnis zum Fach Sachunterricht. Generell sollte von einer Anbahnung wissenschaftlichen Vorgehens gesprochen werden, wobei die Methoden, mit denen Wissenschaftler arbeiten und zu Erkenntnissen kommen, dabei im Zentrum stehen. Für die Naturwissenschaften heißt das, dass fachliche, methodische, soziale und persönliche Kompetenzen unterstützt und gefördert werden sollen<sup>1</sup>. Im Folgenden werden die auf Kompetenzen zielenden Aspekte noch konkretisiert<sup>2</sup>, wobei nicht alle Kompetenzbereiche klar voneinander abgegrenzt werden können:

### • Fachliche Kompetenzen:

Schüler der Grundschule bringen den Naturwissenschaften ein großes Interesse entgegen - damit erfüllt sich eine grundlegende Voraussetzung für essentielle Lerninhalte und damit verbundenen bedeutsamen Unterricht. Aus fachlicher Sicht steht die Förderung von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen an oberster Stelle der zu erlangenden Kompetenzen. Kandt (2008) konnte zeigen, dass diese Begriffe von der Fachwissenschaft durchaus unterschiedlich gefüllt wird: Es bestehen Verknüpfungen zwischen dem Nature of Science- Konzept und dem Konzept der Scientific Inquiry. Während sich Ersteres auf den speziellen Charakter der Naturwissenschaften bezieht und besonders die Vorläufigkeit von naturwissenschaftlichem Wissen ins Zentrum des Erkennen rückt, so zielt der scientific Inquiry-Ansatz auf die zu erlernenden Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern (Anderson 2007; zit. nach Kandt 2008). Beide Ansätze sind nicht klar voneinander trennbar, allerdings stellt das Konzept des Scientific Inquiry einen geeigneteren Ansatz für die Arbeit mit Grundschülern dar, da hier der praktische Aspekt der Arbeitsweisen einer generellen, elementaren Einführung in die naturwissenschaftliche Arbeit näher steht und damit geeigneter für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht der Grundschule erscheint. Die folgenden Ausführungen konkretisieren die Aspekte, welche sich unter das Konzept der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen subsummieren lassen.

Für Grundschüler gehören zu den fachlichen Kompetenzen auch die Anbahnung einer grundlegenden Abstraktionsfähigkeit, die durch naturwissenschaftliches Arbeiten insbesondere herausgebildet und gefördert werden kann. Darunter kann die Fähigkeit verstanden werden, vom sinnlich Wahrnehmbaren zu allgemeinen, abstrakten Ordnungskategorien, wie z.B. dem Erkennen und Benennen von Eigenschaften eines Stoffes, zu kommen. Dies stellt für den Grundschulbereich eine elementare Einführung in naturwissenschaftliche Denkweisen dar. Obwohl auch im Hinblick auf die im Rahmen dieser Arbeit bereits erläuterten eigenen Untersuchungen die Möglichkeit eingeräumt wurde, auch auf submikroskopischer Ebene (in Form von modellhaften Vorstellungen der Teilchenebene) mit Grundschülern der oberen Jahrgänge zu arbeiten, so sollte dies nicht in die generellen Forderungen eingehen, da hier weitere Untersuchungen notwendig sind.

Desweiteren soll die fachliche Kompetenz auf das Verständnis von Zusammenhängen zielen. Wie bereits vorher ausgeführt wurde, spielt das Verstehen beim Konstruieren von Wis-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>Soziale und personale Kompetenzen werden ausschließlich für den Grundschulbereich formuliert.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup>Die Ausführungen gründen sich auf die Ergebnisse der eigenen Untersuchung, auf Inhalte der Texte von Kahlert u.a. (2008) sowie MNU u.a. (1997) und Ableitungen aus den Kerncurricula, die für die Klassenstufen 5 und 6 formuliert wurden

sen eine entscheidende Rolle und steht dem so genannten "trägen" Wissen, welches als ein "Merken" von Begriffen und Beziehungen beschrieben werden kann, entgegen. Der Prozess des "Verstehenden Lernens" gründet auf der handelnden Auseinandersetzung des Lernenden mit der Sache und erfordert die Kompetenz des *Bildens von (Fach-)Begriffen*. Die Begriffe sollen in Beziehung zu anderen konstruiert werden, damit sie sich in die kognitiven Strukturen integrieren können.

Aus Sicht der Fachwissenschaft Chemie sollten bereits in der Grundschule wichtige Erkenntnisse über die Eigenschaften von Stoffen sowie deren Unterscheidungsmerkmale angebahnt werden (Niedersächsisches Kultusministerium 2006).

Aspekte einer Bewertungskompetenz fallen nicht in den Bereich fachlicher Kompetenzen für den Grundschulbereich, da hierzu ein umfassendes naturwissenschaftliches Wissen von Nöten ist und die fachlichen Aspekte für den Grundschulbereich eher einführenden Charakter haben sollen.

### • Methodische Kompetenzen:

Die methodischen Kompetenzen von Grundschülern für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht beziehen sich vor allem auf die Experimentierfähigkeiten, welche es aufzubauen gilt. Hier lassen sich die Aspekte Formulierung von geeigneten Fragestellungen zu einem Phänomen oder eine für die Schüler bedeutsame Problemstellung erkennen besonders herausstellen; sie stellen eine essentielle Voraussetzung für das Experimentieren dar. Die Überprüfbarkeit der Fragestellung durch angemessene Experimente, die die Schüler möglichst selbst auswählen, steht dabei für die Qualität der Eignung der Fragestellung. Ebenso sollen die Lernenden erste Ansätze zur Planung von geeigneten, auf der Erfahrungswelt der Schüler basierenden Experimenten ausbilden. Die Fähigkeiten zur Durchführung von Experimenten soll gefördert werden, da davon auszugehen ist, dass Lernende der Grundschule diese basale Fähigkeit bereits besitzen. Dabei ist die Systematik bei der Durchführung von Experimenten zu erweitern. Eine entscheidende Fähigkeit ist die Deutung eines Experiments zunächst auf Grund von wahrnehmbaren Aspekten; für den Grundschulbereich kann aber auch erwartet werden, dass die Deutung in einem zweiten Schritt durchaus auch auf submikroskopischer Ebene angebahnt werden kann. Dies sollte sich an den Fähigkeiten der Lernenden orientieren. Dabei sollen Grundschüler das Vorwissen ihrer Vorstellungswelt in die Deutung mit einfließen lassen. Im Grundschulbereich können diese Deutungen dann durchaus auf personifizierte oder andere animistische Interpretationen hinauslaufen, solange dabei der Wahrheitsgehalt der naturwissenschaftlichen Aussagen gewahrt wird und sich als anschlussfähig für späteren Fachunterricht erweist. Wichtigstes Kriterium für die Güte der Interpretationen sind die starke Orientierung an der Lebenswelt der Schüler, um so nicht zu Einstellungsänderungen, wie es für die höheren Schulstufen angedacht ist (vgl. Kerncurriculum für die Klassen 5 und 6) zu kommen sondern zu konkreten Handlungsstrategien, die sich aus den Interpretationen ableiten lassen. Des Weiteren sollte zu den methodischen Kompetenzen die angemessene Präsentation von Ergebnissen zählen.

Das Experimentieren und der damit verbundene Aufbau einer *Experimentierfähigkeit* spielt im Rahmen naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen eine große Rolle und ist unabdingbar für den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess. Jedes Experiment dient dazu, ein konkretes Problem, welches in einem bestimmten Kontext steht, zu lösen. Deshalb sollten Kinder der Grundschule nicht zweckfrei experimentieren, sondern lernen, dass eine konkrete Frage, ein zu lösendes Problem am Anfang des wissenschaftlichen Prozesses steht. Dieses Problem kann nun mit unterschiedlichen (naturwissenschaftlichen) Methoden gelöst werden,

die es zu identifizieren gilt. Das Experiment steht dabei als Vermittlungsinstanz zwischen dem zu lösenden Problem und dem Lernenden. Es hat die Funktion des Mediums zur Erkenntnis von grundlegenden Prinzipien der Naturwissenschaft.

Die Förderung der *Problemlösekompetenz* steht im Mittelpunkt der fachlichen Forderungen. Die Fähigkeiten zum Experimentieren umfassen weitere Kompetenzbereiche, wie zum Beispiel allgemeine Wahrnehmungskompetenzen, wie Beobachten, Riechen, etc., aber auch Fähigkeiten des Klassifizierens, Ordnens und des Hypothesenbildens<sup>3</sup>. Allgemeine Fähigkeiten im Bereich der Methodik beziehen auch die Förderung von motorischen Fähigkeiten, welche für didaktische Strukturierungen für den Grundschulbereich besonders zu beachten sind, mit ein.

### • Soziale Kompetenzen:

Als wichtigste soziale Kompetenz sollte die *Kommunikationsfähigkeit* gefördert werden. Unter wissenschaftspropädeutischer Sicht stellt dies für Grundschüler den Aspekt der angemessenen Verbalisierung in den Vordergund. Dies geht einher mit den Forderungen nach einer geeigneten Begriffsbildung und unterstützt diesen Prozess nachhaltig. Für die Ausbildung der Kommunikationsfähigkeit im Bereich der Naturwissenschaften zählt insbesondere, dass der Lernende im Austausch mit anderen seine Meinung (z.B. bezogen auf Deutungsaspekte eines Experiments) nachvollziehbar präsentieren und begründet vertreten kann. Ebenso sollte die Fähigkeit zur Kooperation vorhanden sein sowie durch den Unterricht unterstützt werden. Gerade in den Naturwissenschaften stellen Ergebnisse, hergeleitet aus kooperierenden Gruppen, einen, wenn auch nicht wesentlichen Aspekt des "nature of science" Gedankens<sup>4</sup> dar. Diese können durch kooperative Prozesse angebahnt werden, sollten aber, wie bereits ausgeführt wurde, nicht Bestandteil der Zieldimension sein.

### • Personale Kompetenzen:

Zu den wichtigsten herauszubildenen und zu fördernden personalen Fähigkeiten zählt im naturwissenschaftlichen Unterricht der Grundschule der Aufbau einer allgemeinen Fragehaltung. Die Fragehaltung ist für alle o.g. Aspekte eine Grundvoraussetzung. Die Fragehaltung wird durch die Erfahrungswelt der Lernenden determiniert und stellt somit einen angemessen Ausgangspunkt für das naturwissenschaftliche Arbeiten unter Berücksichtigung individueller Voraussetzungen dar. Die Förderung der Fragehaltung wird außerdem durch die individuelle Bedeutsamkeit eines Problems bestimmt und kann somit die Neugier und das (langfristige) Interesse an naturwissenschaftlichem Unterricht begünstigen. Unter die personalen Kompetenzen fällt auch die zuvor bereits genannte Problemlösekompetenz. Diese ist notwendigerweise Ausgangspunkt auf personaler wie auf fachlicher Ebene. Auf personaler Ebene stellt sie allerdings eine wichtigere Kompetenz dar, da sie zum Aufbau der Persönlichkeit beiträgt und entsprechend gefördert werden sollte. Aus o.g. Gründen stellt sie für den naturwissenschaftlichen Unterricht eine Voraussetzung und eine

 $<sup>^3\</sup>mathrm{Vgl}$ . hierzu auch die Ausführungen der eigenen Untersuchung in Kapitel 7

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup>Ein weiterer wesentlicher Gedanke des "*nature of science*"- Konzepts ist die Vorstellung von Wissenschaft als Erkenntnisprozess. Dabei sieht das unterrichtliche Konzept vor, dass Schüler Wissenschaft nicht als statisches Wissensgebäude erfahren sondern durchaus auch mit konkurrierenden Erkenntnissen konfrontiert werden, um so zu erkennen, dass sich Erkenntnisse ändern können, nicht nur im Verlauf der Geschichte sondern dass dies auch für die Zukunft von Wissenschaft gilt. Für Grundschüler stellt diese Erkenntnis allerdings noch kein zu erlangendes Ziel von naturwissenschaftlichen Arbeiten dar, da Wissenschaft für sie, wie auch schon ausgeführt, sich eher auf die Ausbildung von konkreten Handlungsstrategien beziehen soll.

stark dadurch protegierte Kompetenz dar, sodass zu erwarten ist, dass diese durch das Arbeiten im naturwissenschaftlichen Bereich, unter Einbeziehung bereits genannter Kriterien, zu einer Stärkung der Persönlichkeit von Grundschülern führen kann.

Die Aufgabe didaktischer Strukturierungen und pädagogischer Fachkräfte zielt auf Sicherung der Qualität von naturwissenschaftlichen Lernprozessen ab. Im naturwissenschaftlichen Sachunterricht soll kindlichen Erklärungsansätzen Raum und Würdigung beigemessen werden. Sie sollen schrittweise und unter Berücksichtigung selbstkonstruierter Erklärungsansätze und Erkenntnisse angemessen um naturwissenschaftliche erweitert werden. Für Lehrende gilt deshalb, dass sie sowohl über die notwendigen diagnostischen Expertisen für die Ermittlung kindlicher Erklärungsansätze verfügen müssen, als auch über erforderliche pädagogische Fähigkeiten, individuelle Verstehensprozesse anzubahnen, indem ein entsprechendes Repertoire an naturwissenschaftlichen Fragestellungen und Experimenten zur Hilfe genommen werden kann. Dazu ist es dringend erforderlich, dass pädagogische Fachkräfte über ein umfangreiches naturwissenschaftliches Fachwissen verfügen und dieses in anschlussfähige Konzeptionen für Grundschüler münden lassen können.

### 8.1.4 Institutionelle Verknüpfung und allgemeine Handlungsprinzipien

Die Ausführungen zu den Folgerungen aus den bereits explizierten Grundannahmen tangiert die konkrete Handlungsebene und stellt noch einmal aus den Grundannahmen abgeleitete (Handlungs-) Prinzipien für die konkrete Umsetzung im naturwissenschaftlichen Sachunterricht der Grundschule heraus.

Ziele des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts sind bereits in Kapitel 2.3 auf curricularer Ebene beschrieben und kritisiert worden. Das Hauptaugenmerk der Kritik richtete sich auf einen überzogenen Anspruch der curricular formulierten Kompetenzen, welche zwar den Anspruch auf spezielle *naturwissenschaftliche* Kompetenzen auftat, diese aber auf konkreter Ebene nicht einzulösen vermochten. Dem soll mit dem hier vorgestellten Konzept ein auf naturwissenschaftlicher Anschlussfähigkeit und tatsächlicher Umsetzbarkeit der geforderten Ansprüche beruhender Entwurf einer didaktischen Strukturierung entgegen gesetzt werden.

### Institutionelle Verknüpfungen

Die Untersuchungen der hier vorgestellten Arbeit beziehen sich auf einen empirisch untersuchten Ausschnitt einer Altersstufe, die zum Lerngegenstand und mit der Methode des Concept Mappings gearbeitet hat. Die Aussagen, welche im Rahmen der Untersuchung gemacht werden können, beziehen sich ausschließich auf dieses Sample. Im Zuge der Didaktischen Strukturierung werden hingegen allgemeingültige Aussagen gemacht und dienen als Grundlage für didaktisch fundierte Konkretisierungen. Die Untersuchung bezieht sich auf Grundschüler der vierten Klassenstufe. Es wurde angestrebt zu zeigen, welche Vorraussetzungen für das Lernen notwendig und welche Schwierigkeiten im Themenbereich *Feuer und Verbrennungsprozesse* zu erwarten sind. Für eine umfassendere Konzeption wird an dieser Stelle eine Übersicht über die institutionellen Verknüpfungen im Hinblick sowohl auf den Elementarbereich, wie auch auf den Sek. I Bereich (mit Schwerpunkt Klasse 5 & 6) gegeben, um die nötige kumulative Verankerung der Konzeption über die Schulstufen hinweg aufzuzeigen und zu legitimieren. Die Ausführungen werden durch folgenden Quellen fundiert:

- Elementarbereich: Flensburger Erklärung zur Frühen Naturwissenschaftlichen Förderung
   Positionspapier (Explo Heidelberg u.a. 2009); Orientierungsplan für Bildung und Erziehung im Elementarbereich an niedersächsischen Tageseinrichtungen für Kinder (Niedersächsisches Kultusministerium 2005)
- Primarbereich: Kerncurriculum für die Grundschule Jahrgang 1 4. Sachunterricht (Niedersächsisches Kultusminsterium 2006); Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung an der Schwelle zu einem neuen Jahrhundert. Positionspapier (Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts (MNU) u.a. 1997), sowie die Erkenntnisse aus den eigenen Untersuchungen
- Sekundarstufe I: Kerncurriculum für die Hauptschule Jahrgang 5-10. Naturwissenschaften (Niedersächsisches Kultusministerium 2007a); Kerncurriculum für die Realschule Jahrgang 5-10. Naturwissenschaften (Niedersächsisches Kultusministerium 2007b); Kerncurriculum für das Gymnasium Jahrgang 5 - 10. Naturwissenschaften (Niedersächsisches Kultusministerium 2007c).

Mit dem tabellarisch aufgeführten Modell soll eine Übersicht und chronologische Abfolge der kumulativ angelegten Inhalte, Ziele und Kompetenzen in stark reduzierter Weise dargestellt und die Einbettung der vorgestellten Grundannahmen in einen größeren bildungstheoretischen Rahmen aufgezeigt werden. Die genannten Prinzipien des "Forschenden Experimentierens" und des "Entdeckenden Lernens" werden im Anschluss genauer ausgeführt und beschrieben.

| Bildungstheoretisc<br>Aspekte | Bildungstheoretisc Elementarbereich Aspekte | Primarbereich                                  | Sek. I Bereich  |
|-------------------------------|---|--|---|
| (Lern-)Inhalte                | Sensibilisierung für Phänomene              | Sensibilisierung für Phänomene & Zusammenhänge | Sensibilisierung für Zusammenhänge & Erklärungen auf submikroskopischer Ebene |
| Prinzipien auf                | "Forschendes Experimentieren"               | "Forschendes Experimentieren"                  | "Forschendes", "Entdeckendes" und Systemati-                                  |
| Handlungsebene                | (sensu Asmussen 2009) im Sin-               | (Asmussen 2009) im Sinne explo-                | sches Experimentieren im Sinne naturwissen-                                   |
|                               | ne explorierenden Experimen-                | rierenden Experimentierens und                 | schaftlicher Denk- und Arbeitsweisen (Kandt                                   |
|                               | tierens                                     | "Entdeckendes Lernen"(Bruner                   | 2008)   |
|                               |   | 1981)  |   |
| Ziele                         |   | Alle Ziele des Elementarbereichs               | Alle Ziele des Elementar- und Primarbereichs so-                              |
|                               |   | sowie zusätzlich:                              | wie zusätzlich:   |
|                               | Herausfinden, ob etwas funktio-             | Herausfinden, wie etwas zusam-                 | Zusammenhänge vermuten  |
|                               | niert oder wie es einzusetzen ist.          | menhängt.                                      |   |
|                               |   | Aus Zusammenhängen erste                       | Übertragung auf Zusammenhänge im submikro-                                    |
|                               |   | Schlussfolgerungen ziehen.                     | skopischen Bereich.   |
|                               |   | Erste Anbahnung des Nature of                  | Vertiefung des Nature of Science Gedankens.                                   |
|                               |   | Science Gedankens.                             |   |
| Zu unterstützen-              | Naturwissenschaftliche Arbeits-             | Naturwissenschaftliche Denk- &                 | Naturwissenschaftliche Denk-& Arbeitsweisen                                   |
| de Kompetenzen                | weisen (und Materialien) ken-               | Arbeitsweisen anbahnen                         | systematisch einsetzen  |
|                               | nen lernen                                  |  |   |
|                               | Wecken von Neugier, Interesse               | Anbahnung und Förderung einer                  | Vertiefung und systematischer Einsatz einer Fra-                              |
|                               |   | Fragehaltung, Interpretationsfähig-            | gehaltung, Interpretationsfähigkeit, Hypothesen-                              |
|                               |   | keit, Hypothesenbildung,                       | bildung, Kontrolle von Variablen,   |
|                               | beschreiben, begreifen (sensu-              | beschreiben, begreifen (sensuell),             | beschreiben, begreifen (sensuell), beobachten,                                |
|                               | ell), beobachten                            | beobachten, Begriffe anwenden,                 | Begriffe anwenden, Gesetzmäßigkeiten erken-                                   |
|                               |   | Gesetzmäßigkeiten erkennen,                    | nen, Prozesse beschreiben, bewerten, lineare und                              |
|                               |   | Prozesse beschreiben,                          | wechselseitige Kausalitäten erkennen und begrün-                              |
|                               |   |  | den   |

Tabelle 8.1: Ein bildungstheoretisches Modell: Institutionell verknüpfter Lernzyklus für naturwissenschaftliche Bildung

### Prinzipien des Forschenden Experimentierens

Das Konzept des "Forschenden Experimentierens" versteht sich als eine Didaktik, bei dem ein phänomenorientierter Zugang zu den Naturwissenschaften im Vordergrund steht (Asmussen 2009). Als Ziele des Konzepts werden das interessenbasierte, eigenständige Denken und Arbeiten der Lernenden ausgewiesen. Der eigentliche Bildungsprozess beruht dabei auf konfligierenden Erfahrungen, die der Lernende erfährt, indem seine Vermutung nicht mit dem Resultat des Experiments übereinstimmt. Dadurch können kognitive Dissonanzen entstehen, die es im Prozess des Forschens zu klären gilt. Ganz im Sinne konstruktivistischer Annahmen, stellt das Konzept den Prozess erlangter tragfähiger Erklärungen als einen subjektiven und zugleich nicht-geradlinigen dar. Während das Konzept das sich selbst bildende Kind als zentralen Aspekt betont, welches lediglich durch co-konstruktive Prozesse von der Lehrkraft unterstützt werden soll, so soll für den hier vorgestellten Ansatz dieses Schema etwas erweitert werden, indem instruktionale Prinzipien in angemessener Weise auf den Lernprozess Einfluss nehmen. Dies stellt zum Einen sicher, dass der Lernende in seinem Selbstbildungsprozess keine Fehlvorstellungen erlangt, zum Anderen muss für schulische Lerninhalte eine zu erreichende Zielformulierung gelten, da sonst keinerlei Kriterien der Qualitätssicherung genutzt werden können.

Ganz im Sinne des Ansatzes des "Forschenden Experimentierens" bezieht sich die Aufgabe der pädagogischen Fachkraft auf das Bereitstellen geeigneten Materials, der Diagnose von Lernzuwächsen durch z.B. teilnehmende Beobachtung, die Unterstützung beim Experimentieren sowie die Bereitstellung von (Reflexions-)Methoden (z.B. durch Mappingtechniken) und Handlungsanleitungen zur sytematischen Kanalisierung der Erfahrungen in Erkenntnisse. Des Weiteren besteht die Aufgabe der Lehrperson darin, den zeitlichen Rahmen an die individuellen Lernprozesse anzupassen sowie ausreichende und sinnvolle Reflexionsphasen einzufordern, damit Lernprozesse transparent gemacht werden können. Ebenso fällt das Aufnehmen von Lernanlässen in einen kumulativ angelegten Lernprozess in den Aufgabenbereich der Lehrkraft. Dies erfordert ein erhöhtes Maß an Flexibiltät im Unterricht bei gleichzeitiger Planungssicherheit von individuellem Lernen. Obgleich die hier ausgeführten Prinzipien in Anlehnung an das Konzept des "Forschenden Experimentierens" Grenzen der Didaktisierbarkeit offenbaren, so stellt es doch durch die entsprechenden Erweiterungen ein angemessenes und durchführbares Maß an normativ formulierten instruktionalen und konstruktionalen Lehr-Lernmotiven dar und schließt deshalb die Explikation zu den Rahmenbedingungen der Didaktischen Strukturierung ab.

### Prinzipien des Entdeckenden Lernens

Bruner (1981) entwickelte in den 70er Jahren auf der Grundlage kognitionspsychologischer Lerntheorien ein Konzept in dem das Entdecken als oberste Prämisse für den Lernprozess ausgewiesen wird. Da der Konstruktionsprozess des lernenden Subjekts in Bruners Konzept bereits integriert ist, nimmt er ferner an, dass die intrinsische Motivation durch Prinzipien der autonomen Selbstbestimmung gefördert werden: Der Lernende lernt von sich aus über eine Sache und nicht durch äußere Zwänge determiniert. So kann der Anspruch auf selbständige Entdeckung durch das Erleben von Kompetenz gesteigert werden.

Das Problemlösen stellt eine entscheidende Methodenkompetenz für das "Entdeckende Lernen" dar, wobei die Methode und die dazu erforderlichen Fähigkeiten in den Vordergrund des Lernprozesses gerückt werden können. Schüler sollen demnach lernen, sinnstiftende Fragen zu stellen, sie selbstständig beantworten und sich dadurch eigenverantwortlich erworbenes Wissen anzueignen. Bruner geht davon aus, dass Intentionen des Unterrichts nicht in der Lernziel- sondern vielmehr Prozessorientierung zu finden sind.

Das Konzept des "Entdeckenden Lernens" ist vor allem durch Ausubel u.a. (1981b) kritisiert worden. Sie stellen heraus, dass der Prozess des Entdeckens nicht mit dem Prozess des Verstehens gleichzusetzen ist. Ebenfalls wird auf die Schwierigkeiten in der Realisierung von Lernprozessen im Sinne des Konzepts aufmerksam gemacht, welche auf den erheblichen Zeitaufwand für die Vorbereitung zurückzuführen ist. Dabei sind die Ergebnisse des Lernenden nicht immer vorauszusehen, sodass ein nicht zu unterschätzender Unsicherheitsfaktor und die Unmöglichkeit der Überprüfung das "Entdeckende Lernen" in schulischen Kontexten diesen Prozess erschweren kann. Allerdings hält Ausubel (1981b) die Methode des "Entdeckenden Lernens" bei der Überprüfung von Bedeutungshaltigkeit sowie für das Lehren von wissenschaftlichen Methoden für unabkömmlich. In diesem Sinne stellt Bruners Konzept für das Lernen selbstkonstruierte Zusammenhänge, wie sie hier für den Grundschulunterricht intendiert sind, eine unverzichtbare Lernform dar, welche unabdingbare (anschlussfähige) Kompetenzen, wie z.B. die Problemlösekompetenz, ausbildet und fördert, allerdings im Hinblick auf das selbständige Beantworten von Fragen und die eigenverantwortliche Aneignung von Wissen einer gewissen Instruktion bedarf.

Die hier aufgeführten Aspekte der lerntheoretischen, epistemologischen und institutionellen Annahmen stellen die (bildungs-)theoretische Rahmung für die im Folgenden weiter ausgeführte Didaktische Strukturierung. Dabei sollen die ausgeführten Aspekte berücksichtigt und mit den Ergebnissen aus den empirischen Untersuchungen zusammengeführt werden. Nach Meyer (2006) bedürfen alle Didaktischen Strukturierungen eines bildungstheoretischen Fundaments, welches es auf verschiedenen Ebenen zu konkretisieren gilt. Dazu werden im Folgenden normative Empfehlungen aus den empirischen Ergebnissen abgeleitet und auf konzeptueller und reflexionsmethodischer Metaebene in Form von Leitlinien konkretisiert. Diese Metaebenen spiegeln die Bereiche Konzeptaufbau im lerntheoretischen Sinne sowie Methodenkompetenz im Hinblick auf die Verwendung der Methode des Concept Mappings wider. Anschließend werden die Ebenen in einem Unterrichtsbeispiel konkretisiert und exemplarisch ausgeführt.

## 8.2 Normative Empfehlungen: Leitlinien der Didaktischen Strukturierung

Die bisher vorgestellten Untersuchungsteile zeigen die Ergebnisse zum Lernbereich *Feuer und Verbrennungsprozesse* und auf methodischer Ebene zur Lerneffektivität des Concept Mappings auf. Die Ergebnisse sind in den vorangegangenen Kapiteln interpretiert worden und werden nun in eine normativ orientierte Form überführt, um sie für unterrichtliche Handlungsprozesse nutzbar zu machen.

An dieser Stelle werden nun Leitlinien formuliert, die als richtungsgebende Handlungsempfehlungen für den Lerngegenstand und den Umgang mit der Methode des Concept Mapping gelten sollen. Während sich die aus der Fachdidaktischen Klärung und der Erhebung zur Lernerperspektive hervorgegangenen Leitlinien im Rahmen einer übergeordneten konzeptuellen Metaebene (Meyer 2005) konstatieren lassen, so werden die Leitlinien, welche aus den Erhebungen zur Methode des Concept Mappings entwickelt wurden, sich auf reflexionsmethodischer Ebene ansiedeln lassen<sup>5</sup>. Diese dienen der eindeutigeren Untergliederung und werden durch konkrete Inszenierungsmöglichkeiten in Kapitel 8.3 ergänzt.

Die Leitlinien werden an dieser Stelle durch Beispiele, die aus den Erfahrungen des Projekts ChemOL (Jansen 2008) entnommen sind, konkretisiert. In Kapitel 8.3 wird eine detaillierte unterrichtliche Konkretisierung für einen Teilaspekt gegeben.

# 8.2.1 Konzeptuelle Metaebene - Leitlinien aus der Fachdidaktischen Klärung und den Untersuchungen zu Schülervorstellungen

Die konzeptuelle Metaebene bezieht ihre Grundlage aus den Untersuchungen zur Fachdidaktischen Klärung und der Erhebung der Schülervorstellungen und bezieht sich inhaltlich ausschließlich auf den Lerngegenstand "Feuer und Verbrennungsprozesse". Die hier formulierten Leitlinien dienen dazu, den Lerngegenstand unter Berücksichtigung von konkreten Schülervorstellungen und auf Grundlage der Expertise von Fachdidaktikern angemessen didaktisierbar zu machen. Diese Leitlinien sollen für die Umsetzung in schulischem Unterricht richtungsgebend sein. So soll sichergestellt werden, dass sowohl individuelle Vorstellungen als auch zielgebende Elemente in die Forderungen integriert wurden und somit zur Qualität der vorgestellten Forderungen beiträgt. Folgende Tabellen geben einen ersten Überblick über die Leitlinien auf konzeptueller Metaebene, welche sich aus den Untersuchungen zur Erhebung der Schülervorstellungen und der Expertenbefragung herleiten:

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup>Die Unterteilung in konzeptuelle und reflexionsmethodische Metaebene geht auf Meyer (2005) zurück. Unter die konzeptuelle Metaebene werden Leitlinien gefasst, die sich auf die Vorstellungen der Lernenden zum Lerngegenstand beziehen. Die Reflexionsmethodische Metaebene bezieht sich auf die hier untersuchte Methode des Concept Mappings, welche als reflektierende Methode nach einer Lerneinheit zum Lerngegenstand eingesetzt wurde und sich im normativen Sinn nur auf diesen Einsatz bezieht.

### Leitlinien aus Fachdidaktischer Klärung

Leitlinie 1: Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen als notwendiges "Handwerkszeug" für Verstehensprozesse

Leitlinie 2: Naturwissenschaftliche Denkweisen als Prämisse für anschlussfähiges naturwissenschaftliches Wissen

Leitlinie 3: Vorbereitende, für das Verständnis des Lerngegenstandes "Feuer und Verbrennungsprozesse" notwendige Konzepte

Leitlinie 4:Klärung bestimmter Brennbedingungen

Leitlinie 5: Reduktion auf Exemplarisches

Tabelle 8.2: Leitlinien auf konzeptueller Metaebene I

### Leitlinien aus Untersuchungen zu Schülervorstellungen

Leitlinie 6: Erfahrungen mit verschiedenen Brennstoffen

Leitlinie 7: Erfahrungen mit verschiedenen Löschmöglichkeiten

Leitlinie 8: Erfahrungen mit nicht-sichtbaren und nicht-wahrnehmbaren Aspekten

Leitlinie 9: Eigene kontrollierte Erfahrungen mindern Angst und negative Assoziationen

Tabelle 8.3: Leitlinien auf konzeptueller Metaebene II

### Leitlinien aus der Untersuchung zur Fachdidaktischen Klärung

Im Rückgriff auf die erhobenen Ergebnisse aus der Fachdidaktischen Klärung konnten eine Reihe von Empfehlungen für den Bereich der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen ermittelt werden, welche bereits in die Rahmenbedingungen für die Didaktische Strukturierung eingeflossen sind. Da diese Denk- und Arbeitsweisen aber leitend für den Umgang mit dem Lerngegenstand sind, sollen sie hier in Form von Leitlinien erneut dargestellt und präzisiert werden. Kursiv markiert sind jeweils die Ergebnisse aus den eigenen empirischen Untersuchungen.

# Leitlinie 1: Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen als notwendiges "Handwerkszeug" für Verstehensprozesse

Aus den eigenen Untersuchungen lassen sich durchaus konkrete Arbeitsweisen ableiten. Genannt und bereits beschrieben wurden das Experimentieren, das genaue Beobachten und Klassifizieren sowie das Hypothesenbilden. Besonders das Experimentieren als Methode, um Verstehensprozesse zu initiieren, wurde aus den Untersuchungen zur fachdidaktischen Klärung abgeleitet und bereits ausführlich in den Rahmenbedingungen beschrieben. Das Hypothesenbilden sollte nur dann eingesetzt werden, wenn der Lernende bereits eigene Erfahrungen mit dem Lerngegenstand gemacht hat und so logische Schlussfolgerungen ziehen kann. Ansonsten sollte Schülern auch zugestanden werden, dass sie nichts über die Ergebnisse eines Experiments vermuten können. Wird das Experiment allerdings aus der eigenen Fragestellung der Lernenden heraus entwickelt und entsprechen demnach die verwendeten Elemente des Experiments dem Erfahrungsrahmen der Schüler, dann sollten Hypothesen nicht nur möglich sondern auch erklärtes Ziel im Bereich der naturwissenschaftlichen Arbeitsweise sein.

Desweiteren können "offene Experimentiersituationen" (Kandt 2008) das Selbstvertrauen in die eigenen Fähigkeiten und den Umgang mit naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen auch bei Schülern der Primarstufe befördern.

Auf der konkreten Handlungsebene sollten der Umgang mit verschiedenen Arbeitsmaterialien, wie zum Beispiel Streichhölzer zum Entzünden einer Kerze oder eines Brenners, das Kennenlernen "klassischer" Labormaterialien, wie Bechergläser, Tigelzangen etc. sowie Verfahren wie das Pipettieren neben Arbeitsweisen, die übergordneter Natur sind, stehen. Darunter fallen Arbeitsweisen, die den Naturwissenschaften eigen sind und der Erkenntnis dienen. Hier wäre für den Primarstufenbereich sicherlich die Einführung in naturwissenschaftliche Arbeitsweisen, wie sie von Kandt (2008) im Hinblick auf "offene Experimentiersituationen" gefordert wird, denkbar. Dabei werden die Arbeitsschritte des Experimentierens (Fragestellung, Hypothese, Planung, Durchführung, Auswertung, Interpretation) Schritt für Schritt durchgeführt und reflektiert. Dieses könnte auch, wie von Kandt (2008) für den Sek. I Bereich intendiert, im Hinblick auf die Vermittlung des "nature of science"-Gedankens von Bedeutung im Primarbereich sein.

Im Hinblick auf die Anschlussfähigkeit der hier für den Primarbereich erläuterten Aspekte im Bereich der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen stellt die hier formulierte Leitlinie eine grundlegende Anforderung dar, welche Grundschülern unter Berücksichtigung individueller Lernprozesse durchaus zugetraut werden kann. Dadurch werden grundlegende Erkenntnisverfahren der Naturwissenschaften (ein-)geübt und ggf. bekannte Verfahren aus dem Elementarbereich wieder aufgenommen und systematisiert. Für die Arbeit im Sek. I-Bereich sind somit primäre Grundkenntnisse naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen bekannt, auf die aufgebaut werden kann und welche es noch zu erweitern gilt.

# Leitlinie 2: Naturwissenschaftliche Denkweisen als Prämisse für anschlussfähiges naturwissenschaftliches Wissen

Die Ergebnisse der Fachdidaktischen Klärung betonen die Wichtigkeit von anschlussfähigem Wissen. Im Bereich der naturwissenschaftlichen Denkweisen sollte dies als eine Anbahnung elementarer Sichtweisen und Einstellungen verstanden werden. Dabei werden folgende Punkte akzentuiert: Eine konkrete Problemstellung, welche allen Experimenten vorausgeht und an den subjektiven Erfahrungswelten der Lernenden orientiert ist. Diese Problemstellung ist notwendig für die Bedeutsamkeit und die spätere Integration von Erkenntnissen in bestehende kognitive Strukturen. Außerdem wird ein Perspektivwechsel auf Phänomene sowie ihre Erklärungen gefordert. Dieser soll den Lerngegenstand oder das Phänomen zum Einen in einen größeren, mehrdimensionalen Kontext stellen, um so nicht nur die Bedeutsamkeit auf naturwissenschaftlicher Ebene zu betonen sondern beispielsweise auch auf historischer; zum Anderen sollen Phänomene vor dem Hintergrund individueller Lernvoraussetzungen erklärt werden können und gleichzeitig sollen erste naturwissenschaftliche Erklärungsweisen, z.B. auf Teilchenebene, angeboten werden. Dadurch kann auch die Vorstellung der Naturwissenschaft als eine integrierende Disziplin neben anderen im Sachunterricht eingeführt und bewusst gemacht werden. Dieses stellt ebenfalls einen Bezug zu anschlussfähigen Konzepten dar und wird im weiterführenden Fachunterricht explizit gefordert (Niedersächsisches Kultusministerium 2007a, 2007b und 2007c). Auch der Perspektivrahmen Sachunterricht (Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts 2002) stellt diese integrierenden Aspekte in den Vordergrund:

"Die Perspektiven [Anmerk. d. Verf.: diese beziehen sich auf die fünf Perspektiven Sozial-kulturwissenschaftliche Perspektive, Raumbezogene Perspektive, Naturbezogene Perspektive, Technische Perspektive sowie die Historische Perspektive] sind jedoch nicht getrennt und unabhängig voneinander zu interpretieren. Aufgabe des Sachunterrichts ist es, die den Perspektiven zugeordneten Inhalte und Methoden sinnvoll miteinander zu vernetzen, um übergreifende Zusammenhänge erfassbar und damit für Normen- und Wertfragen zugänglich zu machen."

Die eigenen Untersuchungen konnten nicht klären, inwieweit auch *modellhafte Vorstellungen* (in diesem Fall Vorstellungen auf submikroskopischer Ebene) als sinnvoll und anschlussfähig betrachtet werden können. Unter Berücksichtigung weiterer Studien zu diesem Inhalt (Johnson 1997, Skamp 1998, Eskilsson u.a. 2003) kann allerdings eine vorsichtige Einführung in diese spezielle, dem naturwissenschaftlichen Denken grundlegende Vorstellung, auch schon Lernenden im Grundschulalter möglicherweise helfen, bestimmte Zusammenhänge zu verstehen (Bäumer u.a. 2009). Im Sinne einer auf individuellen Vorstellungen gründenden Didaktischen Strukturierung sollten diese Vorstellungen allerdings als Angebot und nicht obligatorisch vermittelt werden. Hier sind für den Grundschulbereich weitere Untersuchungen notwendig, da unter den interviewten Experten keine Einigkeit bezüglich der Vorstellungskraft von Grundschülern und der Anschlussfähigkeit dieser speziellen modellhaften Vorstellungen in diesem Bereich vorliegt.

Auf der konkreten Handlungsebene stellen alle reflektierten Zugänge zu naturwissenschaftlichen Denkweisen eine gute Perspektive dar. Dabei könnten Fragen wie "Was ist die Erkenntnis unseres Versuchs?" und "Was bedeutet das für unser Handeln?" den Lernprozess strukturieren. Ebenso sollten die verschiedenen Sichtweisen auf Phänomene im Hinblick auf makroskopische und mikroskopische Aspekte unterschieden werden. Die Einführung in das Denken auf mikroskopischer und ggf. submikroskopischer Ebene kann beipielsweise über Versuche zum "Verschwinden" von Salz in Wasser gelingen. Dabei sollte das Phänomen an erster Stelle beschrieben werden. Schließlich können Vermutungen über den "Zustand" des Salzes im Wasser helfen, eine Vorstellung von

gelöstem Salz zu erlangen (in Anlehnung an Jansen 2008). Methodisch kann bei der Etablierung von naturwissenschaftlichen Denkweisen auch das philosophische Gespräch Lernenden der Primarstufe helfen, eine individuelle Vorstellung im kommunikativen Austausch zu entwickeln. Diese Hinführung zu naturwissenschaftlichen Denkweisen sollte allerdings, wie auch die Arbeitsweisen, als eine erste Anbahnung verstanden werden. So können erste Erfahrungen auch aus dem Elementarbereich in altersangemessener und kognitiver Weise erweitert und im weiterführenden Fachunterricht der Sekundarstufe I vertieft werden.

# Leitlinie 3: Vorbereitende, für das Verständnis des Lerngegenstandes "Feuer und Verbrennungsprozesse" notwendige Konzepte

Besonders hervorzuheben ist das Verständnis der Lernenden von *Aggregatzuständen* der Stoffe. Um ein tragfähiges Konzeptverständnis zu etablieren, benötigt der Lernende Zeit und möglichst vielfältige Transferangebote. Wasser als Stoff, welcher im Grundschulunterricht oftmals exemplarisch für die Veranschaulichung der Aggregatzustände benutzt wird, reicht für ein tieferes Konzeptverständnis bei weitem noch nicht aus. Hier sollten auf jeden Fall auch Feststoffe aus der Lebenswelt der Schüler, wie Wachs, Käse im Hinblick auf ihre Schmelzfähigkeiten und Erstarrungfähigkeit sowie weitere Stoffe, wie z.B. Ethanol und Butan ("Campinggas") exemplarisch für das Prinzip des Verdampfens genutzt werden können. Die Prinzipien des Sublimierens, bzw. Resublimierens sollten nicht thematisiert werden, da die Stoffe, die diese Eigenschaften experimentell zeigen könnten, zu weit von der Alltagswelt der Grundschülern entfernt sind, sodass ein bedeutungsvoller Kontext zur Lebenswelt nur schwer herstellbar ist.

Außerdem ist es notwendig, dass die Lernenden ein grundlegendes Verständnis vom Substanz-charakter "unsichtbarer" (gasförmiger) Stoffe haben. Dies ist zum Einen über exemplarische Versuche zum Thema Luft möglich, zum Anderen sollten auch hier die Vorstellungen der Lernenden um andere Gase erweitert werden wie zum Beispiel Kohlenstoffdioxid.

Beide vorbereitenden Konzepte sind unbedingt notwendig, damit Lernende sich den Zusammenhang zwischen (gasförmigem) Brennstoff und Sauerstoff (Luft) überhaupt vorstellen und nutzen können, z. B. für Löschversuche. Sicherlich werden nicht alle Lernenden ein tragfähiges Konzept von gasförmigen Stoffen und ihren Eigenschaften erlangen, wichtig ist, hier nicht auf prototypische Antworten ("Ein Feuer braucht Sauerstoff zum Brennen") zu vertrauen, sondern dieses in vielfältigen Transferversuchen zu begründen. Wie bereits in den Ausführungen zu Schülervorstellungen deutlich wurde, scheint dieses Konzeptverständnis einen Dreh- und Angelpunkt im naturwissenschaftlichen Verständnis darzustellen, sodass darauf besonders viel Wert gelegt werden sollte und nur in einem auf kumulativen Lernzuwachs ausgelegten naturwissenschaftlichen Sachunterricht realisierbar wird.

### Leitlinie 4: Klärung der Brennbedingungen

In Rückgriff auf die Ergebnisse aus der Fachdidaktischen Klärung lassen sich bestimmte Bedingungen für den Lerngegenstand "Feuer und Verbrennungsprozesse" festhalten. Dazu gehört die Klärung der Spezifität eines Brennstoffes. Hierunter ist zu verstehen, dass verschiedene Brennstoffe kennen gelernt und im Hinblick auf ihre Brennfähigkeit beurteilt werden können. Die Forderung nach Erfahrungen mit verschiedenen Brennstoffen wird auch durch die Ergebnisse aus den Untersuchungen zu Schülervorstellungen unterstützt und ist dort noch einmal aufgrund seiner Besonderheit als eigene Leitlinie formuliert. Die Versprachlichung der Spezifität des Brennstoffes soll helfen, die Unterschiede zu verdeutlichen, beispielsweise kann vorübergehend von einem

Lagerfeuer (Brenstoff Holz), einem Kerzenfeuer (Brennstoff Wachs), etc. gesprochen werden, um Unterschiede zu markieren; den Lernenden sollte aber im Anschluss an diese kurze Phase der Versprachlichung klar sein, dass die Bedingungen für Verbrennungsprozesse ähnlich sind. Die Spezifität verschiedener Brennstoffe sollte eher durch Vergleiche verschiedener Brennstoffe erfahren werden. Dabei kann sich an den Unterscheidungskategorien der Lernenden orientiert werden, die zunächst auf weniger naturwissenschaftlichen Aussagen aufgebaut sein können wie z.B. brennt gut / brennt schlecht, brennt langsam /brennt schnell, usw. Später können diese Aussagen präzisiert werden. Diese sollten aber in einem weiteren Schritt systematisiert werden und Problemstellen, wie z. B. die Abhängigkeit der Dauer von verschiedenen Faktoren, thematisiert werden.

Um den Zusammenhang zwischen Brennstoff und Zerteilungsgrad herauszustellen, sollten die Lernenden Fragen zur Beschaffenheit des speziellen Brennstoffes nachgehen können, um so zu einem ersten Verständnis von der Qualität des Brennstoffes zu gelangen und das Konzept "Brennstoff" sinnvoll zu erweitern. Dieses Wissen steht in besonderer Beziehung zu einer weiteren zu thematisierenden Brennbedingung, dem Sauerstoff. Diese Brennbedingung ist experimentell in der Grundschule nicht einfach nachzuweisen und sollte sich in einer ersten Annäherung auf das Konzept Luft beziehen. In Abgrenzung zu anderen Gasen, welche als Erfahrungshorizont mit herangezogen werden sollten, kann die Bedingung Sauerstoff eingegrenzt werden. Durch Transferversuche im Sinne von Brennbarkeit eines Stoffe in unterschiedlichen Umgebungen (Sauerstoff, Kohlenstoffdioxid, Stickstoff) kann das Konzeptverständis ausgeschärft werden. Hier ist aber mit möglichen "Fehlvorstellungen", "memorized information" sowie prototypischen Vorstellungen (vgl. Kapitel 5) zu rechnen, sodass die Wissensdiagnose sehr präzise ausfallen sollte.

Die Brennbedingung "Hitze", "Entzündungstemperatur" kann, wie in der Fachdidaktischen Klärung bereits ausgeführt, auf die Entzündungsquelle oder besser Entzündungsflamme reduziert werden. Dieses würde auch an die Schülervorstellungen (vgl. Kapitel 5) anknüpfen und die nur sehr schwierig experimentell nachzuweisende Bedingung sinnvoll reduzieren, ohne den Wahrheitsgehalt, die fachliche Richtigkeit, zu unterlaufen. So könnte möglichem "rote learning" und Überforderungen der Vorstellung der Lernenden vorgebeugt werden. Um bei Schülern ein erstes konzeptuelles Verständnis von Aktivierungsenergie oder Entzündungstemperatur zu entwickeln, können Versuche dienen, welche die Temperatur über einen Trägerstoff, wie zum Beispiel einen Kupferstab, weiterleiten und durch die ein Brennstoff entzündet wird. Hierfür eigenen sich zum Beispiel Streichhölzer. Das darin enthaltene Kaliumchlorat reagiert bei relativ geringer Aktivierungsenergie, sodass ein Streichholz durch die Energie, welche in einem Kupferstab durch vorheriges Erhitzen mit einem Brenner gespeichert ist, entzündet werden kann. Für das Konzeptverständnis von Aktivierungsenergie oder Entzündungstemperatur ist die Vorstellung notwendig, dass nicht zwangsläufig eine Flamme benötigt wird, damit ein Brennstoff entzündet wird. Diese Vorstellung konfrontiert die Lernenden ggf. mit einem kognitiven Konflikt, welcher über eine Temperatur- oder Energievorstellung lösbar wird.

Durch die Anbahnung erster Vorstellungen zur chemischen Reaktion über die Brennbedingungen können Schüler der Primarstufe ihre Beobachtungen und Erfahrungen systematisch erweitern und erlangen im Hinblick auf anschlussfähiges Wissen einen ganz wesentlichen Baustein. Für den späteren Fachunterricht können durch diese Anbahnungsprozesse wichtige Voraussetzungen geschaffen werden, auf die aufgebaut werden kann.

### Leitlinie 5: Reduktion auf Exemplarisches

Diese Leitlinie bezieht sich auf einen Kernaspekt des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts und erfordert in der Umsetzung ein erhöhtes Maß an Sachkenntnissen des Lehrenden. Viele Ex-

perimente sind spektakulär oder stimmungsvoll, helfen den Lernenden allerdings nicht in ihren Bemühungen weiter, Zusammenhänge zu verstehen. Am Beispiel aus den eigenen Untersuchungen, dem Fettbrand, konnte sehr schön gezeigt werden, dass es zu erheblichen Fehlvorstellungen ("Feuer kann man nicht mit Wasser löschen.") führen kann, wenn Ausnahmeerscheinungen zu schnell gezeigt werden. Hier hatte sich noch kein Konzept von der Spezifität des Brennstoffes sowie Prinzipien der Löschmöglichkeiten herausbilden können, sodass Wahrnehmungen übergeneralisiert werden. Deshalb ist darauf zu achten, dass gerade Schüler im Grundschulalter ein diagnostisch ermitteltes und nachhhaltiges Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte und Prinzipien aufbauen. Dazu sollte zunächst auf exemplarische Zusammenhänge fokussiert und reduziert werden, bevor Ausnahmen eingebunden werden.

### Leitlinien aus den Untersuchungen zu Schülervorstellungen

Die Untersuchungen konnten zeigen, dass Schülervorstellungen sich häufig an so genannten "memorized informations" orientieren. Es konnte nicht geklärt werden, ob und inwieweit diese Vorstellungen prototypisch sind. Zu vermuten ist aber, dass sie aufgrund mangelnder eigener Erfahrungen in dieser Art reproduziert werden. Die Ergebnisse gingen einher mit bereits bekannten Befunden aus anderen Untersuchungen, die zudem noch den Aspekt der starken Kontextabhängigkeit von Schülervorstellungen in diesem Alter betonen (Rahayu u.a. 1999). Die hier formulierten Leitlinien versuchen diesen Aspekten entgegen zu wirken, wobei sie sich auf die konkreten Aussagen der eigenen Untersuchungen zu Schülervorstellungen stützen.

### Leitlinie 6: Erfahrungen mit verschiedenen Brennstoffen sammeln

Von den Schülern der eigenen Untersuchung wurde vor allem Holz als Brennstoff genannt. Bei der Interpretation der Ergebnisse wurde auf die Ursache hingewiesen, dass es sich um prototypische Vorstellungen handeln könnte. Diese sind durch eine Ausdehnung des Spektrums eigener Erfahrungen aufzubrechen. Dazu sollten die Brennstoffe systematisch untersucht werden und können mit dem Konzept der Spezifität eines Brennstoffes (vgl. Leitlinie 4 und 5) verknüpft werden. Unterschiedliche Kontexte können das abstrakte Konzept von "Brennstoffen" im Hinblick auf ihre Funktion für das Brennen eines Feuers fundieren und konstituieren. Besonderer Unterstützung bedarf allerdings die Überführung der Beobachtungen in systematisch erworbene Erkenntnisse. In der Didaktischen Konkretisierung wird zu diesem Aspekt ein ausführliches Beispiel beschrieben werden.

### Leitlinie 7: Erfahrungen mit verschiedenen Löschmöglichkeiten sammeln

Aus den eigenen Untersuchungen konnte abgeleitet werden, dass auch hier die Vorstellungen zum größten Teil auf prototypischen Begriffen aufgebaut wurden. "Feuer kann man mit Wasser löschen" war eine der häufigsten Aussagen. Auch hier konnte gezeigt werden, dass weitere Löschmöglichkeiten bisher noch nicht selbst erfahren oder angewendet wurden. Diesen Erfahrungshorizont gilt es durch entsprechende Lernarrangements zu erweitern. Dabei sollte der Prozess des Löschens unbedingt mit den Brennbedingungen in Verbindung gebracht werden, indem direkte Bezüge zwischen dem Löschen und beispielsweise der Zufuhr von Luft (Sauerstoff) hergestellt werden. Ebenso sollte das Prinzip "Wenn kein Brennstoff da ist, kann das Feuer nicht

brennen" durch Experimente wie zum Beispiel ein abgebranntes Streichholz entzünden zu wollen, herausgefunden werden. Verschiedene Transfermöglichkeiten zu unterschiedlichen Löschmethoden dienen auch hier zur Vertiefung und Systematisierung der Erkenntnisse. Die Löschmethoden können zum Beispiel an unterschiedlichen Brennstoffen ausprobiert werden. Allerdings sollte dabei auf Löschversuche mit Wasser bei Wachs oder Fett verzichtet werden, um die Exemplarizität (vgl. Leitlinie 5) zu wahren und gefährliche Situationen auszuschließen.

# Leitlinie 8: Erfahrungen mit nicht-sichtbaren und nicht-wahrnehmbaren Aspekten sammeln

Die Vorstellungen der Schüler aus den eigenen Untersuchungen zeigten, dass eine große Affinität zu sensuellen Wahrnehmungen besteht, was für die Altersgruppe typisch ist. Sensuelle Wahrnehmungen sollten durch systematische ausgeschärft und sukzessive um nicht-wahrnehmbare Aspekte erweitert werden. Dabei ist darauf zu achten, dass Zusammenhänge nicht als "memorized information" oder Merksatz festgehalten werden sondern durch logisches Schlussfolgern (Bäumer u.a. 2009). Dies gilt es bereits in der Grundschule zu üben und zu fördern. Damit wird den bereits erwähnten naturwissenschaftlichen Denkweisen entsprochen und eine Anbahnung derselben ermöglicht. Ebenso sollten Wahrnehmungen das Phänomen betreffend ("Feuer ist eine Flamme" etc.) vorsichtig auf Wahrnehmungen den Prozess der Verbrennung betreffend gelenkt werden, um so zu einem ersten Verständnis von chemischen Reaktionen als Prozess und nicht als Produkt zu begründen. Ebenso können andere Medien wie zum Beispiel Gedichte, Bilder etc. hinzugezogen werden, um die sinnliche Wahrnehmung auf andere Sinne als den des Sehens zu lenken. Das Gedicht "Das Feuer" von James Krüss eignet sich dafür besonders gut.

### Leitlinie 9: Eigene kontrollierte Erfahrungen mindern Angst und negative Assoziationen

Das Sammeln eigener Erfahrungen zum Thema Feuer und Verbrennungsprozesse und die Überführung in systematische Erkenntnisse ist eine notwendige Forderung, da die eigenen Untersuchungen die stark von Angst und negativen Assoziationen geprägten Vorstellungen der Schüler offenbart haben. Es ist davon auszugehen und deckt sich mit den Aussagen der Experten, die für die Fachdidaktische Klärung von ihren Erfahrungen berichtet haben, dass die Lernenden mit zunehmendem Verständnis von Zusammenhängen und Wirkungen ein größeres Vertrauen in die eigenen Handlungen erlangen und damit selbstsicherer im Umgang damit werden. Ebenso stellt die Möglichkeit des Kontrollierens eines Feuers auf Grund vorhersagbarer Bedingungen und Einsicht in Zusammenhänge die Angst in den Hintergrund. Durch diese Erkenntnisse soll der nötige Respekt und die phänomenologische Faszination erhalten bleiben. Oberstes Ziel für den Umgang mit Feuer sollte demnach auch das allgemeinpädagogische Ziel der Stärkung des Selbstvertrauens sowie das Erlernen des sicheren Umgangs mit Feuer sein. Dazu können die in Leitlinie 6 formulierten Erfahrungen mit unterschiedlichen Brennstoffen dienen sowie die Herausstellung des Nutzens von Feuer für die Menschheit.

### 8.2.2 Reflexionsmethodische Metaebene

Die reflexionsmethodische Metaebene baut auf den Untersuchungen zur Lerneffektivität der Methode des Concept Mappings auf und bezieht sich ausschließlich auf die methodischen Anforderungen, welche aus den Untersuchungen herausgearbeitet werden konnten. Sie dienen dazu, empirisch begründete Ansprüche für die (lerneffektive) Arbeit mit Concept Maps zu konstatieren, um sie für Unterricht nutzbar zu machen. Dabei sind diese Forderungen unabhängig vom

Lerngegenstand "Feuer und Verbrennungsprozesse" formuliert und werden als eigenständige reflexionsmethodische Aspekte festgelegt. Da die Methode des Concept Mappings in den Untersuchungen als Reflexionsinstrument eingesetzt wurde, beziehen sich die Leitlinien ausschließlich auf diese Perspektive und stellen somit die reflexionsmethodische Metaebene dar.

### Leitlinien aus den Untersuchungen zur Methode des Concept Mappings

Aus den Untersuchungen konnten drei wesentliche Erkenntnisse abgeleitet werden: Zum Einen scheint die Anzahl der verwendeten Fachbegriffe einen Einfluss auf das erfolgreiche Lernen mit Concept Maps zu haben. Zum Anderen kann das erfolgreiche Lernen mit Concept Maps als unabhängig von den kognitiven Fähigkeiten der Schüler betrachtet werden. Desweiteren spielt der Grad der Vernetzung für den erfolgreichen Reflexionsprozess mit Concept Maps eine entscheidende Rolle. Für den Aspekt der Unabhängigkeit von kognitiven Fähigkeiten kann keine Leitlinie formuliert werden, da dieser Gesichtspunkt nicht didaktisch umsetzbar ist. Er soll deshalb lediglich als Ergebnis der Untersuchung im Sinne der Qualität der Methode stehen und ggf. sinnvolle Argumente für den Einsatz der Methode im Grundschulunterricht liefern. Folgende Tabelle gibt einen ersten Überblick über die formulierten Leitlinien, welche anschließend detailliert charakterisiert werden:

### Leitlinien aus den Untersuchungen zur Methode des Concept Mappings

Leitlinie 10: Förderung des Lernprozesses durch tiefen Vernetzungsgrad

Leitlinie 11: Stärkung des Lernprozesses durch Verwendung von Fachbegriffen in Concept Maps

Tabelle 8.4: Leitlinien auf reflexionsmethodischer Metaebene

### Leitlinie 10: Förderung des Lernprozesses durch tiefen Vernetzungsgrad

Die Ergebnisse aus den Untersuchungen wurden bereits bei der Interpretation durch Erkenntnisse der Neurobiologie begründet. Sie zeigen deutlich, dass ein hoher Vernetzungsgrad einen starken Einfluss auf effektives Lernen hat. Da das Concept Mapping in den Untersuchungen als Reflexionsinstrument verwendet wurde, welches als freie Technik ohne vorgegebene Begriffe und Relationen eingesetzt wurde, stellt sich die Frage nach einer sinnvollen Herbeiführung von Vernetzungstiefe, ohne in individuelle Explikationsprozesse einzugreifen. Dies erfordert Kooperationsprozesse, bei denen die Lernenden über Zusammenhänge und bedeutsame Begriffe reflektieren können. So kann ein systematisch aufgebautes Überblickswissen in Form von Denkstrukturen angebahnt werden, ohne individuelle Sichtweisen zu unterdrücken. Dieses könnte durch das Vorgeben von Begriffen und Relationen möglicherweise passieren und sollte umgangen werden. Nur so ist es außerdem möglich, dass Raum für individuelle emotional geprägte Konzepte bleibt und

damit auch das Einbinden verschiedener, nicht-naturwissenschaftlicher Vorstellungen, wie z.B. stark emotional geprägter Konzepte, möglich ist. Oberstes Prinzip sollte deshalb die individuelle Erstellung der Concept Maps sein. In den didaktischen Konkretisierungen, welche sich diesem Kapitel anschließen, wird ein Beispiel für die Stärkung des Vernetzungsgrades bei gleichzeitiger Wahrung der Individualität der Maps aufgezeigt werden.

# Leitlinie 11: Stärkung des Lernprozesses durch Verwendung von Fachbegriffen in Concept Maps

Beim Concept Mapping geht es darum, eine Begriffskarte mit (möglichst) eindeutigen Bezügen herzustellen. Diese dient, wenn sie, wie in den eigenen Untersuchungen verwendet, als Reflexionsinstrument verwendet wird, dazu, die Wissenststrukturen als Netzwerk zu explizieren. Wenn Wissen konstruiert wird, dann ist es effektiv und sinnvoll bestimmte Prozesse und Objekte mit Fachbegriffen zu "speichern". Diese müssen aber in einem größeren Kontext zu anderen stehen, damit sie bedeutungsvoll sind. Inhaltslose Begriffe fallen unter "memorized informations" und sind nicht erstrebenswert. Für das effektive Lernen, wie es in den eigenen Untersuchungen in Form des Wissenstests ermittelt wurde, stellen die Fachbegriffe eine Bedingung dar. In Lernarrangements ist demnach darauf zu achten, dass Fachbegriffe bedeutungsvoll gelernt werden und mit Hilfe von Reflexionsmethoden, wie dem Concept Mapping, in Überblickswissen eingebettet und expliziert wird. Gerade die Reflexion über das Concept Mapping offenbart dem Lerner seine Wissensstrukturen und auch mögliche Lücken. So kann ein selbstgesteuerter Lernprozess, wie er in den Rahmenbedingungen gefordert wurde, unterstützt und befördert werden. Auch für diesen Aspekt wird eine Möglichkeit der Inszenierung in den didaktischen Konkretisierungen aufgezeigt.

Aus den Untersuchungen zum Concept Mapping lassen sich vielfältige Erkenntnisse gewinnen, welche für Unterricht eine Rolle spielen können. In normative Leitlinien, welche für mögliche didaktische Strukturierungen leitend sein sollen, können nur die bereits genannten überführt werden. Sie können unabhängig von Lerngegenstand formuliert werden und bilden die Kernaspekte der untersuchten Lerneffektivität ab.

# 8.3 Didaktische Konkretisierung: Lernlinie zum Lerngegenstand

Die bereits vorgestellten *Leit*linien sind normativ formuliert, aber basieren auf den eigenen empirischen Untersuchungen. Im Folgenden soll eine Möglichkeit für die konkrete Umsetzung der Forderungen in Form einer *Lern*linie (Parchmann u.a. 2006) aufgezeigt werden, welche auf den Prinzipien der Rahmung und der Leitlinien aufbaut. Diese kann nur exemplarisch stehen und soll keinesfalls obligatorisch für Lernprozesse bezüglich des Lerngegenstandes "*Feuer und Verbrennungsprozesse*" sein. Diese Lernlinie wird in Form von Unterrichtselementen / Bausteinen präsentiert, wobei auf die konzeptuelle Metaebene und den Lerngegenstand fokussiert wird. Die hier präsentierte Lernlinie basiert auf den Ergebnissen empirischer Erkenntnisse zum Lerngegenstand "*Feuer und Verbrennungsprozesse*". Die nachfolgende Graphik zeigt einen Überblick über die gesamte Lernlinie.

Ausgangsbedingungen für mögliches unterrichtliches Handeln sind durch viele verschiedene Faktoren beeinflusst, welche sich durch Elemente des "*Didaktischen Sechsecks*" beschreiben lassen (Meyer 2006). Didaktische Strukturierungen müssen sich auf alle Strukturdimensonen des Sechsecks beziehen. Die Ziel-, Inhalts-, Prozess- und Handlungsstruktur sind durch die zuvor aufgestellten Leitlinien determiniert und lassen sich daraus ableiten. Die Raum- und Sozialstruktur setzen als Strukturelemente die Kenntnis der Lernumgebung und der Lerngruppe voraus, was für die hier vorgestellten Konkretisierungen nur durch die unterrichtlichen Erfahrungen der Autorin gewährleistet werden kann.

In der nachfolgenden Konkretisierung wird ein (Unterrichts-)Beispiele für den Aspekte **Brennstoffe untersuchen** gegeben.

# Lernlinie zum Lerngegenstand "Feuer und Verbrennungsprozesse"

| Beschreibung und mogliche Umsetzung  | Kategorie                                    |                                       | Bezug zu Leitlinien   | m   |                                    |
|--|--|---------------------------------------|---|---|------------------------------------|
|  |  |                                       |   |   |                                    |
|  | Naturwissenschaffliche Denk- & Arbeitsweisen | Natur wis                             | Lettlinie 1: Nawi Arbeitsweisen<br>Lettlinie 2: Nawi Denkweisen   | ttlinie 1: Naw<br>ttlinie 2: Naw                      | <u> </u>                           |
| -Aggregatustände<br>-Vorstellung "unsichtbarer" Stoffe   | Vorbereitende Konzepte                       |                                       | Leitlinie 4: Vorbereitende Konzepte<br>Leitlinie 2: Nawi Denkweisen   | itlinie 4: Vorb                                       | <u> </u>                           |
| -Flamme beschreiben<br>-Temperatur messen<br>-Prinzip "Feuer will Immer nach oben brennen"<br>erabeiten  | Feuer phänomenologisch                       |                                       | Leitlinie 9: Eigene Erfahrungen mindern Angst<br>Leitlinie 1: Nawi Arbeitsweisen  | itlinie 9: Eige<br>itlinie 1: Naw                     | [ [ [                              |
| -Unterschiedliche Brennstoffe untersuchen<br>-Brennstoff im Hinblick auf Beschaffenheit untersuchen<br>(siehe genauere Ausführung)                   | Brennbedinung 1<br>Brennstoff (BS)           |                                       | Leillinie 3: Klärung bestimmer Brennbedingungen<br>Leillinie 9: Eigene Erfahrungen mindern Angst<br>Leillinie 5: Reduktion auf Exemplarisches         | Leitlin<br>Leitlin                                    |                                    |
| -Abgebranntes Streichholz versuchen zu entzünden<br>-Docht ohne Wachs entzünden<br>-Kerze durch pusten löschen                                       | Löschmöglichkeit 1<br>BS entziehen           | stoffen                               | Leitlinie 7: Erfahrungen mit verschiedenen Brennstoffen<br>Leitlinie 9: Eigene Erfahrungen mindern Angst  | Leitlin   |                                    |
| -Versuche zum Ableiten der Aktivierungsenergie, z.B. mit<br>Kupferstab<br>-Slebversuche  | Brennbedinung 2<br>Zündtemperatur / Hitze    | Jungen                                | Leitlinie 3: Klärung bestimmer Brennbedingungen<br>Leitlinie 5: Reduktion auf Exemplarisches  |   | Von konkret zu<br>"nicht-sichtbar" |
| -Papier oder Holz mit Wasser löschen, wobei Kälte<br>"ühlbar" gemacht werden sollte  | Löschmöglichkeit 2<br>Zündquelle / Hitze     | Brennstoffen<br>Jst                   | Leitlinie 7: Erfahrungen mit verschiedenen Brennstoffen<br>Leitlinie 9: Eigene Erfahrungen mindern Angst  |   |                                    |
| -Spezielle Abdeckversuche ( <u>siehe genauere</u><br><u>Ausführung)</u><br>-Klassische Abdeckversuche (Glas über Kerze/ Holz)                        | Brennbedinung 3<br>Luft / Sauerstoff         | bedingungen<br>tbaren Stoffen<br>ches | Leitlinie 3: Klärung bestimmer Brennbedingungen<br>Leitlinie 8: Erfahrungen mit nicht-sichtbaren Stoffen<br>Leitlinie 5: Reduktion auf Exemplarisches | Vom Phänomen zu<br>abstrakteren<br>Erklärungsansätzen | Vom F<br>ab:<br>Erkläru            |
| -Abdecken von Kerzen durch Deckel, Holz oder Papier<br>durch Handfuch ggf.auch Schaum (föscht ebenfalls<br>durch Abkühlung)                          | Löschmöglichkeit 3<br>Luft / Sauerstoff      | enen Brennstoffen<br>ern Angst        | Leitlinie 7: Erfahrungen mit verschiedenen Brennstoffen<br>Leitlinie 9: Eigene Erfahrungen mindern Angst  | _   |                                    |
| Fettbrand » Ausnahme zu Löschen mit Wasser, aber<br>spezieller Brennstoff ill<br>Wachsbrand »verdeutlichen des Prinzips der<br>Entzündungstemperatur | Sicherheit<br>&<br>Ausnahmen                 | bedingungen<br>rm Angst               | Leitlinie 3: Klärung bestimmer Brennbedingungen<br>Leitlinie 9: Eigene Erfahrungen mindem Angst   | l <sub>g</sub>  |                                    |
|  |  | ,                                     |   |   |                                    |

Abbildung 8.3: Exemplarische Lernlinie für den Lerngegenstand

Die Lernlinie wird auf den drei grundlegenden Bausteinen *Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen, Vorbereitende Konzepte* und *Feuer phänomenologisch* (grün) aufgebaut. Im Vergleich mit vielen anderen Konzeptionen zum Wissensaufbau im Bereich naturwissenschaftlicher Thematiken wie "*Feuer und Verbrennungsprozesse*" baut die hier vorgestellte Lernlinie auf einem klar umrissenen bildungstheoretischen Konzept auf und ist nicht nur eine Sammlung von Versuchen und Experimenten. Sie zeigt, wie normativ formulierte Leitlinien in konkrete Handlungsumsetzungen umgewandelt werden können. Dabei steht der kummulative Wissensaufbau, der an Schülervorstellungen orientiert ist und einzelne Aspekte wie die Brennbedingungen Schritt für Schritt erarbeitet und transferiert, an oberster Stelle. Besonderer Wert wurde auf die separate Behandlung der einzelnen Brennbedingungen gelegt.

Die in der Untersuchung verwendete Intervention im Rahmen des Schülerlabors Chemol stellt eine erprobte und wirksame Umsetzung des Themenbereichs "Feuer und Verbrennungsprozesse" dar. Die Ausführungen in der vorliegenden Didaktischen Strukturierung beziehen sich auf unterrichtliche Handlungsmöglichkeiten; deshalb ergibt sich ein wesentlicher Unterschied im Hinblick auf die zeitliche Begrenztheit: Im Schülerlabor muss die Konzeption in einem mehrstündigen Besuch greifen, wo hingegen die hier vorgestellte Lernlinie sich auf Umsetzungen im Sachunterricht der Grundschule und damit als Lerneinheit über mehrere Schulstunden bezieht. Um die verwendete Konzeption der Intervention mit den Inhalten der Lernlinie zu unterscheiden, werden hier beide einander in tabellarischer Form noch einmal gegenübergestellt, wobei sich an den Kategorien für die Lernlinie orientiert wurde (vgl. nachfolgende Graphik).

Im Gegensatz zur Chemol-Konzeption wird bei der Lernlinie besonderer Wert auf Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen sowie die Vorbereitenden Konzepte gelegt. Die empirischen Untersuchungen haben die Notwendigkeit dieser Aspekte deutlich gemacht, da sie unerlässlich für das tiefere Verständnis im Themenbereich "Feuer und Verbrennungsprozesse" sind. Um die einzelnen Konzepte schrittweise in allen Facetten zu vertiefen und den nötigen Transfer zu gewährleisten, wurden die Versuche zu den Löschmöglichkeiten der Erarbeitung an die einzelnen Brennbedingungen angeschlossen. So soll vor allem der Vermischung von Verständnis vorgebeugt werden und die einzelnen Aspekte der Brennbedingungen voneinander abgegrenzt werden.

Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen stellen neben bestimmten vorbereitenden Konzepten eine notwendige Voraussetzung für die Behandlung des Themenbereichs "Feuer und Verbrennungsprozesse" dar; dies impliziert die Empfehlung, die Behandlung des Themas auf das Ende der Grundschulzeit (Klassenstufe 3 oder 4) zu legen, da so die notwendigen Anforderungen erfüllt sind und die Schüler schon über ein elemtares naturwissenschaftliches Wissen verfügen, auf dem aufgebaut werden kann. Die ersten beiden Bausteine wurden bereits ausführlich in den Ausführungen zu den Leitlinien beschrieben. Der Baustein "Feuer phänomenologisch" beinhaltet die Zieldimension einer generellen Vorbereitung auf das Arbeiten mit Feuer, indem hier eine erste Näherung an das Phänomen mit naturwissenschaftlichen Methoden geschehen soll. Dazu kann die Flamme einer Kerze beschrieben sowie die Temperaturzonen ermittelt werden. Desweiteren sollten die Lernenden Versuche ausführen, durch die gezeigt werden kann, dass die entstehende Wärme vor allem nach oben ausstrahlt. Dazu kann ein Glas über eine brennende Kerze gestülpt und vorsichtig mit den Fingern die wärmste Stelle auf dem Glas ermittelt werden. Diese Erkenntnis ist wichtig, da sie für das Anzünden eines Feuers zusammen mit dem Konzept " Ein Feuer brennt immer nach oben" notwendig ist. Um das Konzept "Ein Feuer brennt immer nach oben" deutlich zu machen, können die Schüler versuchen ein Stück Pappe von oben zu entzünden, indem sie das Streichholz auf die Pappe legen. Ein Entzünden ist so nahezu ausgeschlossen, sodass die Schüler eigenständig Vermutungen dazu anstellen können und möglicherweise das Prinzip

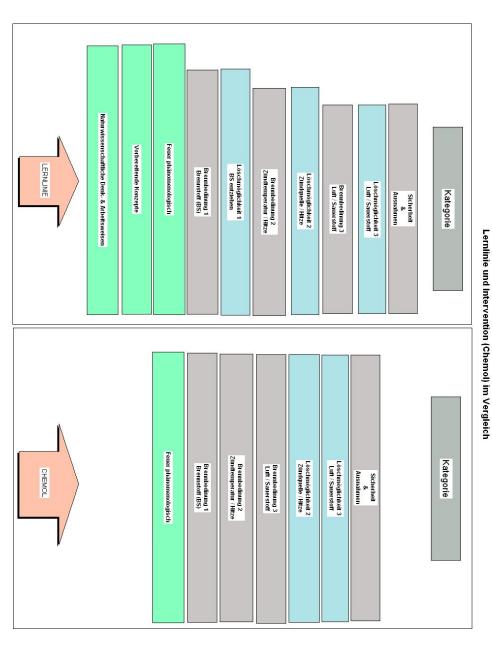


Abbildung 8.4: Vergleich der Lernlinie mit der Intervention (CHEMOL)

selbst erkennen. Dieses Prinzip kann noch durch einen weiteren Versuch ergänzt werden: Hierzu wird ein entzündetes Streichholz senkrecht, mit der Flamme nach oben, gehalten. Zum Einen kann dadurch gezeigt werden, dass die Flamme kleiner wird oder ggf. ausgeht, da "über" ihr kein Brennstoff mehr übrig ist. Dieses sollte unbedingt thematisiert werden, da es eine schöne Verknüpfung zur Brennbedingung Brennstoff liefert. Zum Anderen kann durch den Versuch die Angst, sich an Streichhölzern zu verbrennen, gemindert werden, da dieses so unterbunden werden kann und die Schüler erkennen, dass sie durch einfache Manipulation das Feuer kontrollieren können.

Durch diese Versuche werden wichtige Voraussetzungen für das spätere Experimentieren zu dem Lerngegenstand gelegt, die insbesondere auch die eigenen Erfahrungen mit Feuer sowie die Handlungskompetenzen der Schüler erweitern sollen, um einen positiven Einfluss auf negative Emotionen zu haben. Angst kann so ggf. abgeschwächt und das Selbstbewusstsein der Lernenden dadurch gestärkt werden.

Unter dem Baustein *Brennstoffe* fällt ein großes Versuchsrepertoire. Es ist nicht einfach, ein tragfähiges Konzept von Brennstoffen mit Grundschülern zu erarbeiten, da sich dies zum Einen auf *unterschiedliche Stoffe*, die alle brennen können, bezieht, zum Anderen die besondere *Beschaffenheit des Brennstoffes* eine Rolle spielt. Beide Aspekte sollten ausführlich, aber getrennt voneinander thematisiert werden. Da ein wichtiges Prinzip lautet *Vom Konkreten zum "nicht-sichtbaren"*, sollten zunächst unterschiedliche feste Brennstoffe auf ihre Brennfähigkeit hin untersucht werden. Hierzu können verschiedenen Materialien dienen (Holz, Papier, Laub, Korken,...). Die Frage, welche die Schüler ermitteln sollen, könnte lauten: Was brennt alles? Um den Unterschied in den Brennstoffen zu verdeutlichen könnte hier im Rahmen einer Reflexion, auch die sprachliche Trennung der unterschiedlichen Brennstoffe aufgegriffen werden, indem in einer Liste Beobachtungen zum Holzfeuer, zum Papierfeuer, zum Laubfeuer aufgelistet und besprochen werden.

Alle Materialien sollten mit Streichhölzern entzündet werden, um nicht eine weitere Bedingung (die Entzündungstempertaur) mit ins Spiel zu bringen, die beispielsweise durch den Einsatz eines Brenners gesteigert werden würde. Auch Wachs kann zu entzünden versucht werden, jedoch sollte geklärt werden, warum dies nur mit einem Docht und nicht mit einem Streichholz funktioniert. Dieses würde auch eine gelungenen Überleitung zu dem Aspekt der Beschaffenheit des Brennstoffes liefern.

Anschließend sollte dem Prinzip der "Reduktion auf Exemplarisches" gerecht werden, indem die Brennstoffe Holz und Wachs genauer untersucht werden. Die Klärung der genauen Beschaffenheit der Brennstoffe könnte durch die Untersuchung gleicher Brennstoffe im Hinblick auf ihren Zerteilungsgrad (vgl. Ausführungen in den Konkretisierungen Kapitel 8.4) geschehen. Man könnte noch einen Schritt weiter gehen, und dieser Schritt würde sich an den vorangegangen gut anschließen, indem man den Brennstoff Wachs dahingehend untersucht, dass der Wachsdampf mit einem Glasröhrchen ableitet wird (beschrieben bei Jansen u.a. 2008), um dadurch den gasförmigen Charakter von Brennstoffen bei der Reaktion mit Luft (Sauerstoff) herauszustellen. Dieser Schritt ist für Grundschüler nicht einfach, da hier schon auf "nicht-sichtbare" Aspekte gezielt wird; deshalb sollte im Hinblick auf eine konkrete Lernguppe unbedingt abgewägt werden, ob dieser Schritt tatsächlich leistbar ist. Möglicherweise stellt er auch eine geeignete Differenzierungsmöglichkeit für leistungsstärkere Schüler dar.

Die Löschmethoden, die sich auf den Entzug des Brennstoffes beziehen, sollten sich an die Un-

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup>Das Prinzip der Exemplarizität wird dadurch gewahrt, dass zunächst nur Feststoffe der Untersuchung dienen. Diese Konzept kann bei entsprechender Zeit, die zur Verfügung steht, auch anschließend schon systematisch durch den Vergleich von flüssigen Stoffen, wie z.B. Benzin und Ethanol erweitert werden. Gasförmige Stoffe sollten aufgrund ihrer besonders schweren Zugänglichkeit für Grundschüler bei dieser ersten Annäherung ausgespart werden.

tersuchungen des Brennstoffes anschließen, um den Konzeptaufbau zum Thema Brennstoff zu unterstützen. Hier können wichtige Transferleistungen und die erneute Anwendung des Gelernten stattfinden, indem die Schüler beispielsweise interpretieren, warum ein abgebranntes Streichholz nicht mehr zu entzünden ist oder warum ein Docht nur eine kurze Zeit ohne Wachs weiter brennt und dann erlischt. Möglicherweise könnte auch thematisiert werden, sofern der gasförmige Charakter des Brennstoffes behandelt wurde, warum eine Kerze beim Auspusten erlischt (Wachsdampf weg pusten). Dieses Prinzip könnte auch bei Holz ausprobiert werden.

In einer möglichen Reflexionsphase sollte der Baustein *Brennstoff* separat von anderen Brennbedingungen betrachtet werden, um den Schülern durch den gezielten Blick auf eine Bedingung eine Fokussierung zu ermöglichen.

Der Baustein Zündtemperatur / Hitze bezieht sich auf eine weitere Brennbedingung. Die eigenen Untersuchungen der Fachdidaktischen Klärung konnten zeigen, warum es sinnvoll und notwendig ist, das Konzept auf der Bedingung einer Zündquelle im Sinne einer Flamme (Zündflamme), die für die Entzündung notwendig ist, zu Beginn des Lernprozesses aufzubauen anstelle von Hitze oder Entzündungstempatur zu sprechen. Damit kann an den Schülervorstellungen zunächst angeknüpft werden, allerdings entspricht diese Aussage nicht der fachlichen Richtigkeit und muss notwendigerweise ergänzt werden, indem auf die Bedingung der Temperatur eingegangen wird. Ziel dieses Bausteins soll die Erkenntnis sein, dass es einer Zündtemperatur (häufig in Form einer Flamme) bedarf, damit ein Feuer brennt. Da der Aufbau eines Konzepts zur Temperaturbedingung zu abstrakt für Grundschüler sein könnte, wird hier empfohlen, diese Bedingung in Zusammenhang mit der Zündflamme zu thematisieren. Dazu können Versuche gemacht werden, bei denen ein Streichholz an eine Kerzenflamme gehalten und der Abstand, bei dem sich ein Streichholz entzündet, ermittelt wird. Da die Hitzebedingung einen wesentlichen Pfeiler im Verständnis des Konzepts "Feuer und Verbrennungsprozesse" einnimmt (vgl. eigene Untersuchungen zur Fachdidaktischen Klärung), besteht ein dringender Bedarf, weitere geeignete Experimente für die Grundschule zu entwickeln, die auf diese Brennbedingung abzielen.

Durch den Stoff Wasser kann die *Abkühlung eines Brennstoffes* sehr einfach gezeigt werden. Hier ist darauf zu achten, dass die Lernenden möglichst sensuell erfahren, dass Wasser den Brand so weit abkühlt, dass das Feuer erlischt. Dazu kann man ein Küchenpapier in einem Gefäß (Ton oder Porzellan eignen sich besonders gut) entzünden, dieses mit Wasser löschen und schließlich das Gefäß anfassen. Dazu ist es erforderlich, dass die Schüler zuvor erfahren haben, wie heiß eine Flamme werden kann (vgl. *Temperatur messen* unter dem Baustein: Feuer phänomenologisch), da sonst keine Vergleichsmöglichkeit gegeben ist. Gerade die Löschmöglichkeit mit Wasser kann entscheidend dazu beitragen, dass Kinder sich "dem Feuer gewachsen" fühlen, sie erfahren eine Handlungsstrategie, welche ggf. lebensrettend sein kann. Dieser Aspekt kann auch im Sachunterricht mit dem Besuch einer Feuerwehr kombiniert werden, um das Thema Brände allgemein und Löschmöglichkeiten im Speziellen zu vertiefen.

Ebenso könnte der von Unthan (2006) entwickelte Versuch, bei dem ein Küchenpapier in ein Metallsieb gelegt und dieses von unten mit einer Kerze erwärmt wird (da das Metallsieb die Hitze ableitet, kann nicht genug Hitze an das Küchenpapier kommen, um dieses zu entzünden) helfen, die Bedingung Hitze und Abkühlung des Brennstoffes experimentell zu verdeutlichen. Ein Luftballon mit Wasser gefüllt im Vergleich zu einem mit Luft gefüllten Luftballon kann ebenfalls verdeutlichen, dass die Kälte des Wassers dazu führt, dass der Ballon über einer Flamme nicht zerplatzt. Desweiteren empfehlen sich Versuche, die mit abgeleiteter Aktivierungsenergie arbeiten und so einen Brennstoff entzünden. Das Prinzip der Ableitung stellt allerdings eine weitere Hürde für Grundschüler dar, da es sich wieder um einem "unsichtbaren" Vorgang handelt, der verstanden werden muss. Es eignen sich insbesondere Kupferstäbe, die mit einem Brenner erhitzt

und durch die ein Streichholz entzündet werden kann.

Die Brennbedingung *Luft /Sauerstoff* ist die für den Grundschulbereich am schwierigsten zu vermittelnde Brennbedingung, da sie auf "nicht-sichtbaren" Stoffen aufbaut. Es sollte zunächst unterschieden werden zwischen der Erkenntnis "Feuer braucht Luft zum Brennen" und "Feuer braucht Sauerstoff zum Brennen". Es ist darauf zu achten, dass hier keine Begriffsdurchmischung stattfindet, da so ggf. die Fehlvorstellung Luft ist Sauerstoff provoziert werden kann. Dieses sollte hingegen in experimentellen Settings selbst erkannt werden.

Um die Brennbedingung Luft zu verdeutlichen, bieten sich klassische Abdeckversuche, wie das Abdecken einer Kerze mit einem Glas, als Einstieg an. Obwohl die Kerze unter einem Glas erlischt, reicht das nicht aus, um die Bedingung Luft als Brennstoff zu erkennen. Hierzu wird empfohlen, die "Kerze zu retten". Dazu muss das Glas ein wenig angehoben werden, kurz bevor die Kerze erlischt. Dieses erfordert von den Schülern, eine genaue Beobachtungsgabe. Im Transfer kann man eine Abdeckung mit Loch wählen, welches nach Bedarf zugehalten wird. Es sollten auch unbedingt Abdeckversuche mit unterschiedlichen Brennstoffen als Transfer angeboten werden.

Um die Bedingung auf den Reaktionspartner Sauerstoff (als einen Teil der Luft) zu lenken, sind spezielle Abdeckversuche nötig.

Um die Brennbedinung Sauerstoff zu zeigen, muss das Konzept "Feuer braucht Luft zum Brennen" bereits erarbeitet worden sein. Eine Möglichkeit, den Aspekt Sauerstoff in den Fokus des Interesses der Lernenden zu rücken, ist die Untersuchung von Kerzen in unterschiedlichen Atmosphären. Dazu sollten drei Atmosphären ausgewählt werden, in denen unterschiedliche Beobachtungen zu machen sind. Günstig könnten die Gase Kohlenstoffdioxid, Luft und Sauerstoff sein. Die Aufgabe der Schüler besteht darin, das Verhalten der Kerze in den Atmosphären zu beschreiben und zu deuten. Zunächst müssen die zwei Gase hergestellt werden. Sauerstoff kann sehr einfach aus Oxireinigern hergestellt werden (Zucht u.a. 2004, Freienberg u.a. 2002, Freienberg u.a. 2001). Kohlenstoffdioxid ist aus Natriumhydrogencarbonat (Kaiser-Natron)und Essig herzustellen (Jansen 2008). Die Gase lassen die Kerze unterschiedlich brennen: Kohlenstoffdioxid führt dazu, dass die Kerze sofort erlischt, in Luft brennt die Kerze gut und in Sauerstoff brennt die Kerze sehr hell. Die Schüler können diese Beobachtungen interpretieren. Es ist davon auszugehen, dass sie ihre Beobachtungen auf Aussagen wie "brennt gut", "brennt sehr gut", "brennt nicht" stützen. Diese Aussagen müssen nicht zwangsweise weiter im naturwissenschaftlichen Sinne ausgeschärft werden (z.B. Sauerstoff führt zu einer besseren Reaktion). Es sollte in einem anschließenden Fazit allerdings festgehalten werden, in welcher Umgebung eine Kerze am besten brennt. Es sei erwähnt, dass die hier vorgestellten Versuche nicht eindeutig die Bedingung Sauerstoff fokussieren sondern nur den Ausschluss der Bedingung thematisieren. Das Versuchsrepertoire müsste um Versuche, die das Brennen einer Kerze in unterschiedlichen gasförmigen Umgebungen (Sauerstoff, Kohlenstoffdioxid, Stickstoff, etc.) erweitert werden. Der Versuch "Kerzenfahrstuhl" (Beschreibung in Kapitel 4.5) scheint der einzige grundschultaugliche Versuch zu sein, welcher explizit auf die Brennbedingung "Sauerstoff" abzielt. In Kapitel 4.5 wird allerdings ausführlich auf die Schwierigkeiten der Deutung des Versuches eingegangen und die fachlich korrekte Interpretation des Versuches erläutert, weshalb er für den Grundschulbereich nur bedingt geeignet ist.

Löschmöglichkeiten durch Luftentzug sollten sich an die Erarbeitung der Brennbedingung anschließen und können experimentell durch das Löschen eines Feuers mit einem Handtuch oder mit Schaum gezeigt werden. Hier ist ebenfalls darauf zu achten, dass verschiedene Brennstoffe angeboten werden (Holz, Papier, Laub, etc.), damit ein Transfer des Gelernten durch die erneut Anwendung möglich ist.

Die Ausführungen zeigen an vielen Stellen noch experimentelle Lücken, sodass das Konzept als Skizze dienen kann, nicht aber als Unterrichtsplanung. Es ist unbedingt erforderlich, geeignete Versuche im Hinblick auf Grundschüler und im Sinne der Durchführbarkeit an Grundschulen zu entwickeln, um die Brennbedingungen Zündquelle / Hitze und Sauerstoff zu vermitteln. Es gibt in der Chemie natürlich Versuche, die genau diese Brennbedingungen thematisieren, diese sind allerdings entweder nicht für Grundschüler geeignet (Oxidation von Eisenwolle, um eine sauerstofflose Atmosphäre herzustellen, in der dann versucht wird eine Kerze zu entzünden) oder im Sachunterricht der Grundschule nicht oder nur erschwerend durchzuführen sind, da Materialien in der Regel nicht vorhanden sind (Kerze in U-Rohr und verschiedene Gase einleiten).

# 8.4 Inszenierungsmöglichkeit auf unterrichtlicher Handlungsebene

#### Beispiel: Brennstoffe untersuchen - Reflexion mit Concept Maps

Die hier vorgestellte Inszenierungsmöglichkeit bezieht sich auf den fachlichen Inhalt Zerteilungsgrad. Es sollen dabei zwei Beispiele für einen Brennstoff mit unterschiedlicher "Beschaffenheiten" untersucht werden. Ausgesucht wurden Holz und Holzwolle im Vergleich, sowie Pappe und Papier. Die Brennstoffe lassen sich mit einem Streichholz entzünden und sollen auf ihre Brennfähigkeit hin untersucht werden. Dabei kann die Brennfähigkeit durch Fragen, die von den Schülern formuliert werden, ermittelt werden. Beispielsweise könnte man die Stoffe im Hinblick auf ihre Brenndauer untersuchen. Eine Übersicht über diesen Teil des Unterrichtsbausteins wird in der folgenden Abbildung gegeben.

Ausgewählt wurde für die herausfordernde Problemstellung die Frage nach den Brenneigenschaften gleicher Brennstoffe. Hierzu wurden exemplarisch zwei Beispiele ausgewählt, wobei der Brennstoff (Holz) dominiert (vgl. prominenteste Schülervorstellung in der eigenen Untersuchung). Es ist davon auszugehen, dass Schüler der Grundschule Papier und Holz nicht als gleiches Material ansehen, sodass es diesen Aspekt zu untersuchen gilt. Dazu können die Schüler die Brennstoffe (auch die Holzwolle und die Pappe) auf ihre Eigenschaften hin untersuchen und beschreiben. Gerade bei der Pappe können zum Teil Holzfasern gesehen werden; ansonsten empfiehlt sich der Einsatz einer Lupe. Für die Schüler sollte der Zusammenhang der ähnlichen Brennstoffe (Holz - Holzwolle; Papier - Pappe) im Vergleich zueinander klar sein. Als Material wurden Stoffe ausgewählt, welche aus der Alltagswelt der Schüler stammen und deshalb Vermutungen über die Brenneigenschaften zulassen.

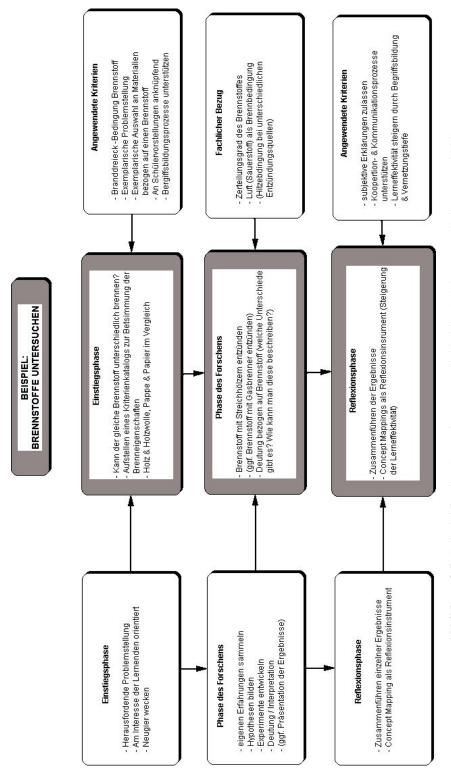


Abbildung 8.5: Beispiel für eine Inszenierungsmöglichkeit in Anlehnung an Greinstetter (2008)

Zunächst sollten die Schüler Kriterien hinsichtlich der Brenneigenschaften für die Untersuchung der Stoffe aufstellen. Dieses kann in Gruppenarbeit<sup>7</sup> oder mit der ganzen Klasse<sup>8</sup> geschehen. Anschließend können die Brennstoffe in Partnerarbeit auf Backblechen (Brandschutz) mit Hilfe von Streichhölzer entzündet werden und damit die Phase des Experimentierens eingeleitet werden. Die Ergebnisse der Brenneigenschaften sind protokollarisch festzuhalten. Hinsichtlich der Interpretation der Ergebnisse sollte sich zunächst jede Gruppe einzeln besprechen und sich auf mögliche Deutungen einigen. Auf die Deutung sollte großen Wert gelegt werden, wobei hier die Vermutungen begründet, Beobachtungen wiedergegeben und diskutiert werden sollen (Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen einüben). Gegebenenfalls können die aufgestellten Kriterien, die Beobachtungen und Interpretationen in der Klasse präsentiert werden.

Die Reflexionsphase bezieht sich in diesem Beispiel auf die individuelle Reflexion der Experimente mit Concept Maps<sup>9</sup>. Dabei soll der Fokus auf dem Aspekt Brenneigenschaften des Brennstoffes liegen. Die Aspekte Begriffsbildung und Vernetzungstiefe sollen dabei berücksichtigt werden. Für die Begriffsbildung eignen sich Begriffssammlungen mit der ganzen Klasse. Dabei werden für die Experimente "wichtige" Begriffe von den Schülern an der Tafel gesammelt. Nun sollte eine Phase der Bewertung der Begriffe folgen. Dazu wäre es möglich, jedem Schüler drei Klebepunkte zu geben und die Aufgabe zu stellen, diese Punkte an Begriffe mit höchster Wichtigkeit zu verteilen. So soll sichergestellt werden, dass im Kooperationsprozess eine Wertigkeit gegenüber allen eingebrachten Begriffen durch die Lerngruppe vorgenommen wird. So können individuelle Erkenntnisse durch kooperative Prozesse abgesichert werden und das Primat konstruktivistischen Lernens in der Begriffsreflexion eingehalten werden. Anschließend könnte die Lerngruppe individuelle Concept Maps zum Thema "Brennstoff" oder "Brenneigenschaften" herstellen. Um die Vernetzungtiefe zu steigern, könnten die Schüler ihre Maps selbst bewerten (Scoring), indem sie A) Begriffe in ihrer Gesamtheit zählen (je einen Punkt), B) Die an der Tafel für "wichtig" erachteten Begriffe mit den meisten Klebepunkten bekommen einen Punkt extra (vgl. Bewertung der Fachbegriffe in der eigenen Untersuchung zum Concept Mapping), C) Jede korrekte Verbindungsrelation bekommt einen Punkt und D) Jede zweite Verbindungsrelation (ein Begriff mit zwei Verbindungsrelationen) bekommt zwei Punkte. Alle Punkte werden am Ende zu einer Gesamtsumme addiert. So entsteht ein Scoring für die Maps, die durch die Schüler selbst vorgenommen werden kann. Die Intention ist, die Begriffe durch Transparenz (an der Tafel stehend und durch die Gruppe bewertet) und die Vernetzungstiefe durch das selbstständige scoren der Maps zu erhöhen ohne auf individuelle Konstruktionsprozesse Einfluss zu nehmen. Die Maps können so sehr einfach auch als Diagnoseinstrument, jedoch nicht als Leistungsbewertung genutzt werden. Denkbar wäre allerdings auch die Erstellung der Concept Maps in kooperativen Gruppen (z.B. im Anschluss an die Forschungsphase) zu realisieren. Hier würde sich ebenfalls ein Vergleich von Concept Map vor der Reflexionsphase und in der Reflexionsphase anbieten, da Unterschiede durch die Begriffsbewertung zu erwarten sind.

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup>Durch die Gruppe erstellte Kriterien erhöhen den Grad der individuell eingebrachten Vorstellungen

<sup>&</sup>lt;sup>8</sup> Sollte bei geringen Erfahrungen der Klasse mit dem Experimentieren präferiert werden, um die systematische Fragehaltung anzuhahnen

<sup>&</sup>lt;sup>9</sup>Voraussetzung für das Arbeiten mit Concept Maps ist die Einführung der Methode. Ein Beispiel dazu wurde in den Untersuchungen zum Concept Mapping gezeigt: Mit Hilfe des Readers konnten die Schüler der Untersuchungsgruppe selbstständig die Methode des Concept Mappings erlernen und an verschiedenen Beispielen üben.

### 8.5 Gütekriterien der Didaktischen Strukturierung

Die Didaktische Strukturierung des Lerngegenstandes Feuer und Verbrennungsprozesse und der Lernmethode des Concept Mappings ist durch eine grundschulspezifische Rahmung gekennzeichnet, welche die institutionelle Anschlussfähigkeit im Hinblick auf den Elementarbereich und die weiterführende Schulbildung gewährleistet. Forderungen für Unterricht wurden dabei aus empirisch fundierten eigenen Untersuchungen entwickelt und begründet. Die Prüfung der Güte der hier konstruierten Didaktischen Strukturierung ist notwendig, um die Qualität der hier aufgestellten Forderungen zu sichern. Meyer (2006:49) definiert, dass die Gütekriterien der Didaktischen Strukturierung "[...]wissenschaftlich abgesicherten Wertmaßstäbe, anhand derer die Konsequenz und Nützlichkeit der aus empirischen Forschung hergeleiteten Handlungsorientierungen beurteilt werden, bezeichnen". Er unterscheidet die Kriterien Viabilität und Fruchtbarkeit<sup>10</sup>. Für die hier vorgestellte Didaktische Strukturierung werden außerdem die Kriterien Iterativität, Schülerorientierung, fachliche Korrektheit sowie Handlungsorientierung angelegt. In der folgenden Tabelle sollen alle Kriterien auf die Didaktische Strukturierung der vorliegenden Arbeit angewendet und (skizzenhaft) erläutert werden.

| Kriterium     | Kurzbeschreibung   | Erfüllung des Kriteriums in der Didaktischen Strukturierung   |
|---------------|--|---|
| Viabilität    | Überprüfung der<br>Brauchbarkeit<br>Didaktischer Struk-<br>turierungen in der<br>Unterrichtspraxis   | <ul> <li>Leitlinien lassen sich auf unterricht-<br/>liche Strukturierungen anwenden.</li> <li>Lernlinie zeigt mögliche unterricht-<br/>liche Umsetzung auf.</li> </ul>  |
| Fruchtbarkeit | Prinzip der Originalität: Können neue fachdidaktische Wege im Kontext der Wissenschaft und Praxis als auch in ihrer Verzahnung beschritten werden (nach Becher 2008:215) | <ul> <li>Leitlinien basieren auf Untersuchungen zum Lerngegenstand, Schülervorstellungen und verbinden diese mit der Lernmethode.</li> <li>Originell an der vorliegenden Didaktischen Strukturierung ist die Verbindung zwischen Lerngegenstand und Methodik, wobei beides im Hinblick auf möglichst große Lerneffektivität hin untersucht wurde und in normative Leitlinien überführt wurde, die für Unterrichtliches Handeln fruchtbar sind.</li> </ul> |

wird fortgesetzt

 $<sup>^{10}</sup> Das\ Prinzip\ der\ ethischen\ Verträglichket\ wurde\ ausgespart,\ da\ es\ f\"ur\ den\ Lerngegenstand\ nicht\ anwendbar\ ist.$ 

#### Fortsetzung

| Kriterium                | Kurzbeschreibung  | Erfüllung des Kriteriums in der Didaktischen Strukturierung  |
|--------------------------|---|--|
| Iterativität             | Mehrfacher Wechsel<br>zwischen empiri-<br>schen Erhebungen<br>und didaktischen<br>Entscheidun-<br>gen/Vorschlägen | <ul> <li>Empirisch erhobene Daten wurden vor dem Hintergrund bereits bestehender Konzeptionen und gängiger Forschungslitertur reflektiert und die abgeleiteten Folgerungen wiederum an den empirischen Daten gespiegelt.</li> <li>Ständiges In-Beziehung-Setzen von Lernerperspektive, fachlichen Vorstellungen und methodischen Implikationen mit dem Ziel der Vermittlung.</li> <li>Sytematisch iteratives Vorgehen bei</li> </ul> |
|                          |   | der Erhebung im Rahmen des Mo-<br>dells der Didaktischen Rekonstrukti-<br>on.  |
| Fachliche<br>Korrektheit | Fachliche Adäquatheit(Angemessenheit) der Unterrichtsvorschläge   | <ul> <li>Lerngegenstand wurde unter Vermittlungsabsicht (fachdidaktische Klärung) fachlich geklärt.</li> <li>Inszenierungsmöglichkeit wurde in Rücksprache mit Wissenschaftlern entwickelt.</li> </ul>   |
|                          |   | <ul> <li>Transparentes Vorgehen bei der Ab-<br/>leitung von Handlungsempfehlun-<br/>gen aus den eigenen empirischen<br/>Untersuchungen.</li> </ul>   |
|                          |   | Theoriegeleitete Darstellung der<br>Rahmenbedingungen und Metakon-<br>zeptionen  |

wird fortgesetzt

#### Fortsetzung

| Kriterium                  | Kurzbeschreibung  | Erfüllung des Kriteriums in der Didak-  |
|----------------------------|---|---|
|                            |   | tischen Strukturierung  |
| Schülerorien-<br>tierung   | Orientierung Didaktischer Strukturierungen am einzelnen Schüler. bei gleichzeitiger Offenheit für heterogene Lerngruppen                                | <ul> <li>Leitlinien bauen auf Ergebnissen, die sich an den Vorstellungen der Schüler orientieren, auf.</li> <li>Lernlinie stellt einen systematischen Konzeptaufbau im Sinne der Vorstellungswelt der Schüler dar.</li> <li>Inszenierungsmöglichkeiten orientieren sich an den "Bedürfnissen" der Schüler im Hinblick auf ihr Vorwissen.</li> <li>Fokussierung der speziellen Lernvoraussetzungen von Grundschülern.</li> </ul> |
| Handlungs-<br>orientierung | Bezug der Didakti-<br>schen Strukturierung<br>auf Umsetzung, die<br>Rekonstruktion von<br>vorhandenen Wis-<br>sensgebäuden zulässt<br>und diese fördert | <ul> <li>Alltagsnahe Gestaltung der Inszenierungsmöglichkeit.</li> <li>Leitlinien dienen der unterrichtlichen Handlungsfähigkeit der Lehrkräfte.</li> <li>Leitlinien intendieren eigenständige Lernprozesse der Lerner durch eigenständige Handlungen im Unterricht.</li> </ul>   |

 Tabelle 8.5: Gütekriterien der Didaktischen Strukturierung nach Meyer (2006:49ff.)

Die Didaktische Strukturierung stellt das "Produkt" des Forschungsprozesses dar. Dabei wurden normative Empfehlungen in Form von Leitlinien aus den empirischen Befunden der Teiluntersuchungen abgeleitet und auf konzeptueller und reflexionsmethodischer Metaebene angesiedelt. Konkretisierungen wurden für den Lerngegenstand in einer Lernlinie realisiert, die zusammen mit der entwickelten Inszenierungsmöglichkeit einen klaren Ausgangspunkt für unterrichtliches Handeln darstellen kann.

Die vorliegende Didaktische Strukturierung vereint dabei empirisch erhobene Ergebnisse zum Lerngegenstand "Feuer und Verbrennungsprozesse" aus fachdidaktischer Sicht, Lernerperspektive (Vorstellungen zu Feuer und Verbrennungsprozessen) und Lernmethode (Concept Mapping) im Produkt des Rahmenmodells der Didaktischen Rekonstruktion.

## 9 Zusammenfassung, Fazit und Desiderata

Die hier präsentierte Forschungsarbeit setzt empirisch erhobene Ergebnisse aus Teilstudien zu a) Schülervorstellungen zum Lerngegenstand *Feuer und Verbrennungsprozesse*", b) zur fachdidaktischen Klärung des Lerngegenstandes "*Feuer und Verbrennungsprozesse*" sowie c) zur Untersuchung der Lernwirksamkeit der Methode des Concept Mappings miteinander in Beziehung, um daraus normative und konkrete Handlungsanweisungen für fachdidaktisch orientierten, naturwissenschaftlichen Sachunterricht zu entwickeln.

Die Teiluntersuchung zur (Lern-)Effektivität der Methode des Concept Mappings und die Teiluntersuchung zur Fachdidaktischen Klärung des Lerngegenstandes können als grundlegend bezeichnet werden, da hier nicht auf Bezugsstudien für die spezielle Lerngruppe Grundschüler zurückgegriffen werden konnte. Im Rahmen der Ermittlung der Schülervorstellungen konnte hingegen eine hinreichende Auswahl an Forschungsliteratur, wie z.B.zu Vorstellungen von Grundschülern zur Veränderung von Stoffen (Rahayu u.a. 1999) oder Schülervorstellungen zum gasförmigen Zustand von Stoffen (Sére 2000), zur Einbettung der Untersuchung und zur Interpretation der eigenen Ergebnisse herangezogen werden.

Die Qualität der einzelnen Teiluntersuchungen wurde durch anerkannte Forschungsmethodiken und gängige Gütekriterien gesichert und für den Forschungsprozess transparent gemacht. Dabei spielte das Kriterium der Viabiltät, die Brauchbarkeit für unterrichtliches Handeln, in allen Untersuchungen die bevorzugte Rolle, da es die notwendige Zieldimension für die Interpretationen der einzelnen Ergebnisse aus den Teiluntersuchungen lieferte. Dieses wurde für die Interpretation der Ergebnisse zum übergeordneten Auswahlkriterium (vgl. Fokussierung der (vielen) Ergebnisse zur Lerneffektivität des Concept Mappings) auf drei Teilaspekte, die als unabdingbar nützlich für unterrichtliches Handeln erachtet wurden, Kapitel 4.8).

Die Ergebnisse der Arbeit lassen sich deshalb auf unterschiedliche Teilbereiche beziehen:

Im Modell der Didaktischen Rekonstruktion diente die Methode des Concept Mappings zum Einen als Erhebungsmethode, zum Anderen als Untersuchungsgegenstand. Der Einsatz als Forschungsmethode zeigte, dass sich mit Hilfe des Concept Mappings aussagekräftige Schülervorstellungen ermitteln lassen, welche qualitativ auswertbar sind. Als Forschungsgegenstand wurde das Concept Mapping im Hinblick auf seine Lernwirksamkeit untersucht. Die Erkenntnis, dass das Concept Mapping unabhängig von den kognitiven Leistungen der Schüler den Lernprozess positiv beeinflussen kann, stellt dabei ein besonders bedeutsames Ergebnis dar.

Fachbegriffe spielen eine entscheidende Rolle, wenn die Methode lernwirksam eingesetzt werden soll; zum Einen kann sie zur Wissensdiagnose genutzt werden, indem Fachbegriffe in der hier vorgestellten Weise gezählt und ausgewertet werden. Zum Anderen kann der gezielte Einsatz von Fachbegriffen Schülern helfen, effizienter zu lernen, indem sie wichtige Bedeutungszusammenhänge explizieren und auch miteinander in Beziehung setzen müssen. Wie dieses im Unterricht gelingen kann ohne vorgegebene Begriffe zu verwenden, wird in den didaktischen Konkretisierungen exemplarisch gezeigt.

Die Lernwirksamkeit wird aber vor allem durch den Grad der Vernetzung bestimmt. Dieser kann durch das hier entwickelte *scoring* ermittelt werden und für diagnostische Zwecke genutzt werden. Außerdem kann der Vernetzungsgrad die Lernwirksamkeit erheblich steigern. Wie dieses im Unterricht der Grundschule aussehen kann wird ebenfalls in den didaktischen Konkretisierungen gezeigt.

Das Concept Mapping wurde als Reflexionswerkzeug eingesetzt, um Lernprozesse, die auf konstruktiven Handlungsprozessen aufbauen, zu unterstützen und kann diese nachhaltig positiv beeinflussen. Concept Mapping stellt somit eine Methode dar, die unbedingt im Unterricht der Grundschule eingesetzt und weiter verbreitet werden sollte.

Das Themengebiet Feuer und Verbrennungsprozesse stellt in der Arbeit den Lerngegenstand dar und gilt gemeinhin als äußerst motivierendes Thema für Grundschüler. Allerdings bereitet es auch verschiedene Schwierigkeiten sowohl für Lehrende als auch für Lernende: Für Lehrende stellt sich das Problem eines sinnvollen Aufbaus von Unterrichtseinheiten orientiert an dem Vorwissen der Schüler und fachlich korrekten Inhalten. Der Mangel an verbindlichen Kriterien für die Zusammenstellung von Versuchen stellt für Lehrende ein großes Problem dar. Dem soll mit den hier entworfenen Handlungsempfehlungen sowohl auf normativer Ebene durch Kriterien in Form von Leitlinien als auch auf konkreter Handlungsebene durch die hier entworfene Lernlinie abgeholfen werden.

Für Lernende der Grundschule stellt die Brennbedingung Luft / Sauerstoff eine schwer zu erkennende Bedingung dar, da sie "unsichtbar" ist und ein gewisses Maß an Abstraktion durch geeignete Versuche verlangt. Auch die Brennbedingung der Entzündungstemperatur kann eine Verständnishürde bilden, die außerdem ein großes Maß an fachlichem Hintergrundwissen der Lehrenden voraussetzt. Für das Verständnis sind diese Aspekte aber unerlässlich und bedürfen einer ausführlichen Bearbeitung in (sach-)unterrichtlichen Einheiten zum Lerngegenstand Feuer. Dabei steht vor allem die Behandlung der Brennbedingungen nacheinander im Vordergrund. Die Ausführliche Einführung von Grundschülern in naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen sowie die Behandlung spezieller vorbereitender Konzepte wie dem Thema Aggregatzustände ist für das Verständnis unbedingt notwendig. Eigene Erfahrungen mit Feuer unter kontrollierten Bedinungen zu sammeln kann sich bei Grundschülern positiv auf die Einstellungen zum Thema Feuer auswirken und die Reduktion auf exemplarische Versuche zu den einzelnen Brennbedingungen kann den systematischen Wissensaufbau positiv beeinflussen.

Die erhobenen Schülervorstellungen konnten zeigen, dass es eine große Tendenz zu negativ assoziierten Vorstellungen zu *Feuer und Verbrennungsprozessen* gibt. Diese Einstellungen gilt es im Sachunterricht durch eigene Erfahrungen mit Feuer und das Verständnis von grundlegenden Zusammenhängen von Verbrennungsprozessen positiv zu beeinflussen. So sollten Grundschüler nicht nur über die Bedingungen für Verbrennungen Bescheid wissen, sondern ihr Wissen in konkreten Handlungen, beispielsweise beim Löschen eines Feuers, anwenden und damit transferieren können.

Die fachdidaktische Klärung des Lerngegenstandes beruhte auf Experteninterviews, die das Ziel hatten, die für den Lerngegenstand *Feuer und Verbrennungsprozesse* notwendigen fachlichen Grundlagen für Grundschüler zu ermitteln. Dazu wurden Experten befragt, welche eigene Konzeptionen zum Lerngegenstand entwickelt, erprobt und damit einen gewissen Erfahrungsschatz haben, der zur Entwicklung unterrichtlichen Implikationen beigetragen hat. Die Experten betonen besonders die Notwendigkeit naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen in unterrichtliche Konzeptionen zu integrieren. Das Erlernen des Experimentierens nach naturwissenschaftlichen

Kriterien soll im Sachunterricht der Grundschule angebahnt werden, und so die Anschlussfähigkeit zum Fachunterricht der Sekundarstufe I gewährleisten. Auf der Ebene des konkreten Thema Feuer und Verbrennungsprozesse sehen die Experten das Verständnis von vorbereitenden Konzepten wie den Aggregatzuständen von Stoffen und auch ein Konzept vom Substanzcharakter "unsichtbarer" Stoffe als erforderlich an. Die Brennbedingungen sollen trennscharf voneinander und exemplarisch, zunächst ohne die Thematisierung von Ausnahmen, behandelt werden und in vielfältigen Aufgaben transferiert werden.

Die hier entworfene Didaktische Strukturierung überführt die empirischen Ergebnisse aus den Teiluntersuchungen zur Lernwirksamkeit des Concept Mappings und zum Lerngegenstand *Feuer und Verbrennungsprozesse* in normative und konkrete Handlungsempfehlungen für unterrichtliche Lernprozesse in der Grundschule.

Als Konsequenz richten sich die Ergebnisse der Forschungsarbeit an zwei Zielgruppen:

- Für Praktiker (Lehrkräfte im weitesten Sinne) wurden auf der Basis empirischer Untersuchungen normative Forderungen für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht allgemein und den Einsatz von Concept Maps als Methode zur Förderung der Visual und Conceptual Literacy (vgl. Kapitel 4.4) aufgestellt. Des Weiteren wurde eine Lernlinie zum Konzeptaufbau des Lerngegenstandes Feuer und Verbrennungsprozesse aus den Forderungen der Leitlinien entwickelt und für unterrichliches Handeln nutzbar sowie in Form einer konkreten Inszenierungsmöglichkeit umsetzbar gemacht. Studien konnten zeigen, dass die "Angst" der (Grundschul-)Lehrkräfte gegenüber naturwissenschaftlichen Themen groß ist (Lück (2004); Drechsler u.a.(2001); Möller (1997)). Aus diesem Grund ist das Besondere dieser Strukturierung die Entwicklung einer handhabbaren, zugänglichen Grundlage für naturwissenschaftlichen Sachunterricht bezogen auf das spezielle Thema Feuer und Verbrennungsprozess für die Umsetzung im unterrichtlichen Handeln. Der Forderung, das große Potential zu Lernen, welches in der Grundschule besonders ausgeprägt ist und für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht genutzt werden sollte (Prenzel 2004; Stern 2002a; Stern 2003), wurde durch konkrete, empirisch fundierte Handlungsempfehlungen in Form einer Lernlinie unterstützt, indem Lehrkräfte Beispiele für einen sinnvollen Konzeptaufbau für den Lerngegenstand durch entsprechende praktische Arbeiten (Experimente) und den sinnvollen Einsatz unterstützender Lernmethoden bekommen.
- Für die Scientific Community wurden grundlegende Ausgangssituationen zum Lerngegenstand und zur Methode des Concept Mappings geschaffen, auf die sich zum Einen bezogen werden, die zum Anderen weitere Forschungsinteressen anregen kann. Das "Produkt", die Didaktische Strukturierung, offenbart somit fachdidaktische und fachliche Desiderata, welche durch entsprechende weiterführende Untersuchungen notwendigerweise zu füllen sind. Im fachlichen Bereich stehen beispielsweise die Entwicklungen von geeigneten Experimenten zur Brennbedingung Temperatur aus, auf fachdidaktischer Ebene stehen noch Evaluationen von bestehenden Konzeptionen zum Lerngegenstand sowie der hier vorgestellte Lernlinie aus. Der spezielle Fokus auf die Lerngruppe Grundschüler konnte zeigen, dass es einer speziellen Klärung fachlicher Themen bedarf, sodass sich insbesondere im naturwissenschaftlichen Sachunterricht eine neue Forschungsperspektive auftut, die empirisch zu klären ist. Neben dem Thema Feuer und Verbrennungsprozesse stehen Bereiche wie Luft, Aggregatzustände und Wasser als Fragestellungen im Hinblick auf grundschulspezifische Didaktische Strukturierungen noch aus.

Die hier aufgestellten Implikationen für Unterricht in Form von konkreten Inszenierungs-

möglichkeiten gilt es empirisch ebenfalls zu überprüfen, da nur so die Umsetzbarkeit gewährleistet werden kann.

In dieser Untersuchung wurde nur indirekt auf die Entwicklung des Konzeptverständnisses zu verschiedenen Gasen eingegangen. Es steht außer Frage, dass hier noch weitere Forschungen unter besonderer Berücksichtigung der Vorstellungen von Grundschülern notwendig sind, die auf Handlungsempfehlungen für diesen Aspekt zielen. So könnte beispielsweise untersucht werden, ob Grundschüler die Vorstellung von "unsichtbaren" Stoffen mit Hilfe vereinfachter Teilchenvorstellungen angebahnt werden kann, welche Art der Vorstellungen sich herausbildet und ob diese anschlussfähig sind.

Desweiteren sollten weiterführende Untersuchungen klären, inwieweit sich die Methode des Concept Mappings auch auf der Handlungsebene als lerneffektiv erweist. In der hier vorgestellten Untersuchung wurde die Lerneffektivität anhand eines Wissenstests geprüft; interessant wäre die Frage, ob die Arbeit mit Concept Maps sich auch effektiv auf Transferhandlungen von Schülern auswirkt.

Für den Lerngegenstand gilt es, weitere geeignete Experimente zu den Brennbedingungen Sauerstoff und Entzündungstempertur zu entwickeln. Dabei sollte konstruktivistisches Lernen initiiert werden; dazu steht auch die Entwicklung und Überprüfung geeigneter Aufgaben (sensu Kandt 2008) notwendigerweise noch aus.

### Literaturverzeichnis

- [1] AEBLI, H. (1981). Denken: das Ordnen des Tuns. Bd. II, 1.Aufl. Stuttgart: Klett-Cotta
- [2] AEBLI, H. (2001). Zwölf Grundformen des Lehrens. Eine Allgemeine Didaktik auf psychologischer Grundlage. Medien und Inhalte didaktischer Kommunikation, 11. Auflage, Stuttgart: Klett-Cotta
- [3] ANDERSON, J.R. (1988). Kognitive Psychologie. 2. Auflg. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag
- [4] ANDERSON, B.R. & L. RENSTRÖM (1983). *How swedish pupils, age 12-15, explain the 'exhaust' problem.* EKNA-Group, University of Göteborg, Department of Education, Box 1010, 43162 Mölndal, Sweden
- [5] ANDERSON, B.R. (1986). Pupils' explanations of some aspects of chemical reactions. In: *Science Education* 70 (5), 549-563
- [6] ANDERSON, B.R. (1990). Pupils' Conceptions of Matter and its Transformation (age 12-16). In: *Studies in Science Education* 18, 53-85
- [7] ASMUSSEN, S. (2009). Am Phänomen lernen. Philosophieren mit Kindern und naturwissenschaftlichen Grundbildung. CHancen und Grenzen eines "fremden" Blickes auf "Versuch macht klug". Vortrag auf der Fachtagung "Am Phänomen lernen Naturwissenschaftliche Förderung im Elementarbereich". Flensburg 02.03. 04.03.2009
- [8] AUFSCHNEITER, S. von (1998). Konstruktivistische Perspektiven zum Physikunterricht. In: *Pädagogik* 7-8, 52-57
- [9] AUSUBEL, D. (1963). *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*. New York: Grune & Stratton
- [10] AUSUBEL, D.; J. NOVAK & H. HANESIAN (1980). *Psychologie des Unterrichts*. Band 1., 2.Aufl. Weinheim und Basel: Beltz
- [11] AUSUBEL, D.; J. NOVAK & H. HANESIAN (1981a). *Psychologie des Unterrichts*. Band 2., 2.Aufl. Weinheim und Basel: Beltz
- [12] AUSUBEL, D.; J. NOVAK & H. HANESIAN (1981b). Psychologische und p\u00e4dagogische Grenzen des entdeckenden Lernens. In: Heinz Neber: Entdeckendes Lernen. 3. Aufl. Weinheim - Basel: Beltz
- [13] BAERESWYL, F. & F. OSER (2002). Choreographics of teaching. Bridging instruction to learning. In: RICHARDSON, V. (Hrsg.). *Handbook of Research on Teaching*. 4th Ed. Washington: AERA 2002, 1031 - 1065

- [14] BÄUMER, M.; N. Dunker, E. Müller, B. Claussen, K. Meyer & U. Carle (2009). Atome im Sachunterricht? Ein Plädoyer für die frühe Einführung von Teilchenmodellen in der Grundschule. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*. Im Druck
- [15] BALGO, R. & R. VOSS (1999). Einladung zu einem systemisch konstruktivistischen Sichtwechsel. In: BALGO, R. (Hg.). Die Schule neu erfinden Systemischkonstruktivistische Annäherung an Schule und Pädagogik. 3.Aufl. Neuwied: Luchterhand
- [16] BECHER, A. (2008). Die Zeit des Holocaust in Vorstellungen von Grundschulkindern. Eine empirische Untersuchung im Kontext von Holocaust Education. Dissertation. Carl von Ossietzky Universität Oldenburg 2008; unveröffent. Manuskript
- [17] BEERENWINKEL, A.; I. PARCHMANN & C. GRÄSEL (2007). Chemieschulbücher in der Unterrichstplanung welche Rolle spielen Schülervorstellungen? In: CHEMKON 14(1), 7-14
- [18] BERND, H.; T. HIPPCHEN, K.-L. JÜNGST & P. STRITTMATTER (2000). Durcharbeiten von Begriffsstrukturdarstellungen in unterrichtlichen und computergestützten Lernumgebungen. In: MANDL, H. & F. FISCHER (Hrsg.) Wissen sichtbar machen. Wissensmanagement mit Mappingtechniken. Göttingen: Hogrefe, 15-35
- [19] BOUJAOUDE, S. (1991). A study of the nature of students' understanding about the concept of burning. In: *Journal of Research in Science Teaching* 28(8), 689 704
- [20] Bos, W.; E.-M. Lankes, M. Prenzel, K. Schwippert, G. Walther, R. Valtin (Hrsg.) (2003). Erste Ergebnisse aus IGLU. Schülerleistungen am Ende der vierten Jahrgansstufe im internationalen Vergleich. Münster: Waxmann
- [21] Bos, W.; M. Bonsen, J. Baumert, M. Prenzel, C. Selter, G. Walther (Hrsg.) (2008). *Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann
- [22] BORTZ, J. & N. DÖRING (2005). Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler. 3. Aufl. Heidlberg: Springer Medizin Verlag
- [23] BRUHN, J.; C. GRÄSEL / H. MANDL (2000). Kooperatives Lernen mit Mapping-Techniken. In: MANDL, H. / F. FISCHER (Hrsg.) Wissen sichtbar machen. Wissensmanagement mit Mappingtechniken. Göttingen: Hogrefe, 119 133
- [24] BRUNER, J.S. (1981). Der Akt der Entdeckung. In: NEBER, H.(1981). *Entdeckendes Lernen*. 3.Aufl. Weinheim: Beltz
- [25] CARAVITA, S. & O. HALLDÉN (1994). Re-framing the problem of conceptual change. In: *Learning and Instruction* (4), 89-111
- [26] CHANG, K.-E.; Y.-T. SUNG / I.-D. CHEN (2002). The Effect of Concept Mapping to Enhance Text Comprehension and Summarization. In: *The Journal of Experimental Education* 71(1), 5 23
- [27] CHI, M.T.H.; I. SLOTTA & N. DE LEEUW (1994). Fromthings to process: A Theory of conceptual change for learning science concepts. In: *Learning and Instruction* (4), 27 43

- [28] CRESWELL, J. (1998). Qualitative inquiry and research design: Choosing among five traditions. Thousand Oaks, CA: Sage
- [29] DALEY, B. (2004). Using Concept Maps in qualitative research. In: CANAS, A., J. NOVAK & F. GONZALEZ (Eds.). *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology.* Proc. of the First Int. Conference on Concept Mapping. Pamplona, Spain 2004, 191-195
- [30] DAHNKEN, A. (2005). *Englisch in der Hauptschule*. Eine Didaktische Rekonstruktion von fremdsprachlichem und bilingualem Unterricht. Oldenburg: Didaktisches Zentrum
- [31] DECI, E. & RYAN, R.M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung in der Pädagogik. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 39(2), 223-238
- [32] DECI, E. & RYAN, R.M. (2000). The what and why of goal pursuits: Humanneeds and self-determination of behavior. In: *Psychological Inquiry* 11, 227 268
- [33] DENZIN, N. & Y. LINCOLN (Hrsg.) (1998). *The landscape of qualitative research*. Thousand Oaks; CA: Sage.
- [34] DEMUTH, R., I. PARCHMANN & B. RALLE (Hrsg.) (2006). *Chemie im Kontext Kontexte, Medien, Basiskonzepte Sek. II.* Berlin: Cornelsen
- [35] DEMUTH, R. (2009). unterricht weiterentwickeln und beurteilen. Studienbrief Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Philosophische Fakultät. Unveröffentl. Manuskript
- [36] DEMUTH, R. & K. RIEK (2004). Sinus-Transfer Naturwissenschaften. Modul G 3: Schülervorstellungen aufgreifen grundlegende Ideen entwickeln. Unter:http://www.learnline.de/angebote/sinus/grundschule/projektbeschreibung/Naturwissenschaften/NaWi\_Modul\_G\_3.pdf [Stand: 22.11.2008]
- [37] DEWEY, J. (1951). Wie wir denken. Eine Untersuchung über die Beziehung des reflektiven Denkens zum Prozeβ der Erziehung. Bd. V der Sammlung Erkenntnis und Leben. Zürich: Morgarten Verlag Conzett
- [38] DI SESSA, A. (1988). Knowledge in pieces. In: FORMAN, G. / P. PUFALL (Hrsg.). Constructivism in the computer age. Hilldale: Erlbaum, 49-70
- [39] DICKINSIN, D. (1987). The development of a concept of material kind. In: *Science Education* 71(4), 615-628
- [40] DRECHSLER, B.; S. GERLACH & H.J. BAADER (1999). Naturwissenschaftliches Interesse schon im Grundschulalter wecken. In: *Nachr. Chem. Tech. Lab.* 47, 715-717
- [41] DRECHSLER, B. & S. GERLACH (2001). Naturwissenschaftliche Bildung im Sachunterricht. Problembereich bei Grundschullehrkräften. In: KAHLERT, J. & E. INCKEMANN (Hrsg.). Wissen, Können und Verstehen Über die Herstellung ihrer Zusammenhänge im Sachunterricht. Probleme und Perspektiven im Sachunterricht Band 11. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 215-226
- [42] DRIVER, R. & G.L. ERICKSON (1983). Theories-in-action: Some theorietical and empirical issues in the study of students' conceptula frameworks in science. In: *Studies in Science Education* 10, 37-60

- [43] DRIVER, R.; E. GUESNE & A. TIBERGHIEN (1985). Some Features of Children's Ideas and their Implications for Teaching. In: DRIVER, R.(Hrsg.). *Children's Ideas in Science*. Open University Press: Philadelphia, 193-201
- [44] Duit, R. (1996). Lernen als Konzeptwechsel im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: Duit, R. / C. Rhöneck (Hg.). *Lernen in den Naturwissenschaften*. Beiträge zu einem Workshop an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg, 145-162
- [45] DUNKER, N. (2002). *Concept Mapping in der Grundschule*. Eine innovative Lernmethode. Carl von Ossietzky Universität. Examensarbeit. Unveröffentl. Manuskript
- [46] DUNKER, N. (2008). Zusammenhänge aufzeigen Concept Maps im Grundschulunterricht. In. *Deutsch Differenziert* 3(2), 14-18
- [47] DUNKER, N. (2008). Efficiency of Concept Maps for the Educational Reconstruction of the topic Burning and Combustion for Elemetary School Students. Poster präsentiert beim Internationalen Workshop PRODID, Seefeld, Januar 2008
- [48] ECKES, T. (1991). Psychologie der Begriffe. Göttingen: Hogrefe
- [49] EDELMANN, W. (2000). Lernpsychologie. 6. Aufl. Weinheim: Beltz
- [50] ESKILSSON, O. & G. HELLDÈN (2003). A longitudinal study on 10-12 year-olds' conceptions of the transformation of matter. In: *Chemistry Education: Research and Practice* 4(3), 291-304
- [51] ERIKSON, E.H. (1994). Wachstum und Krisen der gesunden Persönlichkeit. In: ERIKSON, E.H.: *Identität und Lebenszyklus*. Suhrkamp Taschenbücher der Wissenschaft. Frankfurt a. M.: Suhrkamp, 56-122
- [52] EXPLO HEIDELBERG, WEITERBILDUNGSINSTITUT DER FACHHOCHSCHULE KIEL, IFP STAATSINSTITUT FÜR FRÜHPÄDAGOGIK, LEIBNIZ, UNIVERSITÄT HANNOVER, MITMACHLABOR EMP, PH HEIDELBERG, SCIENCE LAB (GEMEINNÜTZIGE BILDUNGS GMBH), STIFTUNG HAUS DER KLEINEN FORSCHER BERLIN, TECHNISCHE UNIVERSITÄT DORTMUND, TECHNORAMA WINTERTHUR, TRANSFERZENTRUM FÜR NEUROWISSENSCHAFT UND LERNEN (ZNL), UNIVERSITÄT BREMEN, UNIVERSITÄT FLENSBURG, UNIVERSITÄT JENA, UNIVERSITÄT OLDENBURG, UNIVERSUM BREMEN, BILDUNGSWERK DER BAYERISCHEN WIRTSCHAFT (2009). Flensburger Erklärung zur Frühen Naturwissenschaftlichen Förderung Positionspapier. Im Druck.
- [53] FISCHER, F. (1997). Mappingverfahren als kognitive Werkzeuge für problemorientiertes Lernen. Frankfurt a. M.: Peter Lang 1997. Europäische Hochschulschriften Reihe VI; Bd.615; zugl. München Univ., Dissertation
- [54] FISCHER, F. & H. MANDL (2000a). Strategiemodellierung mit Expertenmaps. In: MANDL, H. & F. FISCHER (Hrsg.). Wissen sichtbar machen. Wissensmanagement mit Mappingtechniken. Göttingen: Hogrefe, 37-54
- [55] FISCHER, P.; L. PELZER, A. RICKEN & J. SANDERS (2000b). Experimental praktikums-bericht. Lernerfolg durch Concept Mapping im Vergleich zur Stichpunktmethode. Carl von Ossietzky Universität Oldenburg; unveröff. Manuskript Forschungsschrift

- [56] FISSENI, H.-J.; (2004). *Lehrbuch der psychologischen Diagnostik*. 3. Aufl. Göttingen: Hogrefe
- [57] FREEMAN, L. (2004). The power and benefits of Concept Mapping: Measuring use, use-fulness, ease of use, and satisfaction. In: CANAS, A., J. NOVAK & F. GONZALEZ (Hrsg.). Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proc. of the First Int. Conference on Concept Mapping. Pamplona, Spain 2004, 151-169
- [58] FREIENBERG, J.; A. FLINT, W. KRÜGER & G. LANGE (2001). "Chemie fürs Leben auch schon in der Sekundarstufe I geht das? Teil I. In: *CHEMKON* 8(2), 67-75
- [59] FREIENBERG, J.; A. FLINT, W. KRÜGER & G. LANGE (2002). "Chemie fürs Leben auch schon in der Sekundarstufe I geht das? Teil II. In: *CHEMKON* 9(1), 19-24
- [60] FREIENBERG, J.; W. KANDT, M. SCHMIDT, M. HÜMME, I. PARCHMANN (2007). Verbrennung verstehen vom Phänomen zum Basiskonzept der chemischen Reaktion. In: *NIU Chemie*, Heft 100/101, Seelze: Friedrich Verlag, 70-75
- [61] GAGNÉ, R. (1969). Die Bedingungen des menschlichen Lernens. Beiträge zu einer neuen Didaktik. Heinrich Roth (Hrsg.) Hannover: Schroedel
- [62] GERSTENMAIER, J. & H. Mandl (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 41 (1995) 6, S. 867 888
- [63] GESELLSCHAFT FÜR DIDAKTIK DES SACHUNTERRICHTS (GDSU) (2002). Perspektivrahmen Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt
- [64] GLASERSFELD, E. von (2003). Radikaler Konstruktivismus oder Die Konstruktion des Wissens. In: WATZLAWICK, P. & G. NARDONE. *Kurzzeittherapie und Wirklichkeit*. Eine Einführung. 2. Auflg. München Piper, 12-56
- [65] GREINSTETTER, R. (2009). *Naturwissenschaftliches Experimentieren in der Grundschule*. Ein empirische Studie zum konstruktivistisch orientiertem Lernen und Lehren. Frankfurt a.M.: Peter Lang
- [66] GRILLENBERGER, P. & H. NIEGEMANN (2000). Entwicklung und Erprobung eines Lernprogramms zur Technik des >Concept Mapping<. In: MANDL, H. & F. FISCHER (Hrsg.) *Wissen sichtbar machen*. Wissensmanagement mit Mappingtechniken. Göttingen: Hogrefe, 55 - 70
- [67] GUDJONS, H. (1999). *Pädagogisches Grundwissen*. Überblick Kompendium Studienbuch. 6. Aufl. Bad Heilbrunn: Klinkhardt
- [68] GÜNTHER-ARNDT, H. (2005). Metaphorische Konzepte in Schülervorstellungen zur Geschichte. In: GÜNTHER-ARNDT, H. (Hg.). Geschichtsunterricht und Didaktische Rekonstruktion. Oldenburger VorDrucke 519, 43-55.
- [69] HALLDÉN, O. (1999). Conceptual Change and contextualisation. In: SCHNOTZ, W.; S. VOSNIADOU und M. CARRETERO (Hrsg.). New perspectives on conceptual change. Amsterdam: Emerald Group Pub, 53 65

- [70] HASSELHORN, M. & C. MÄHLER (1998). Wissen, das auf Wissen baut: Entwicklungspsychologische Erkenntnisse zum Wissenserwerb und zum Erschließen von Wirklichkeit im Grundschulalter. In: KAHLERT, J. (Hg.). Wissenserwerb in der Grundschule. Perspektiven erfahren, vergleichen, gestalten. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 73-89
- [71] HELLER, K.A.; H. KRATZMEIER & A. LENGFELDER (1998). *Matrizen-Test-Manual*. Ein Handbuch mit Deutschen Normen. Weinheim: Beltz
- [72] HITZLER, R. (1994). Wissen und Wesen der Experten. Ein Annäherungsversuch zur Einleitung. In: HITZLER, R.; A. HONER & C. MAEDER (Hrsg.). *Expertenwissen*. Die institutionalisierte Kompetenz zur Konstruktion von Wirklichkeit, Opladen, 13-30.
- [73] HOFFMANN, J. (1986). Die Welt der Begriffe. Weinheim: Beltz
- [74] JANSEN, W. (Hrsg.) (2008). CHEMOL Heranführen von Kindern im Grundschulalter an Chemie und Naturwissenschaften. 4.Aufl. Köln: Aulis
- [75] JEGEDE, O.; F. ALAIYEMOLA & P. OKEBUKOLA (1990). The effect of Concept Mapping on students' anxiety and achievment in biology. In: *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 951 960
- [76] JOHNSON, P. (1997). Why combustion is the last thing we should expect children to understand. Paper presented at the 4th European Conference on Research in Chemistry Education (ECRICE) York, UK
- [77] JÜNGST, K.-L. (1995). Studien zur didaktischen Nutzung von Concept Maps. In: *Unter-richtswissenschaft*, 23(3) 229-250
- [78] JÜNGST, K.-L. & P. STRITTMATTER (1995). Wissensstrukturdarstellung: Theoretische Ansätze und praktische Relevanz. In: *Unterrichtswissenschaft*, 23(3), 194-207
- [79] JÜNGST, K.-L. (1998). Lehren und Lernen mit Begriffsnetzdarstellungen: zur Nutzung von Concept Maps bei der Vermittlung fachspezifischer Begriffe in Schule, Hochschule, Ausund Weiterbildung. 2. Aufl. Butzbach/Griedel: Afra-Verlag
- [80] JÜTTEMANN, G. (Hrsg.) (1985). *Qualitative Forschung in der Psychologie*. Grundfragen, Verfahrensweisen, Anwendungsfelder. Weinheim: Beltz
- [81] KAHLERT, J. (1998). Beziehungen zu Sachen und Personen entdecken, aufbauen und klären. In: KAHLERT, J. (Hg.). *Wissenserwerb in der Grundschule*. Perspektiven erfahren, vergleichen, gestalten. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 13-28
- [82] KAHLERT, J. & R. DEMUTH (Hrsg.) (2008). Wir experimentieren in der Grundschule. Einfache Versuche zum Verständnis physikalischer und chemischer Zusammenhänge. Teil 1 und 2. Köln: Aulis Verlag Deubner
- [83] KAHLKE, J. / KATH, F. M. (1984). Didaktische Reduktion und methodische Transformation. Quellenband: Darmstadt
- [84] KANDT, W. (2008). Offenes Experimentieren im Anfangsunterricht. Entwicklung und Evaluation von Lernaufgaben zur Einführung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen. In: PARCHMANN, I.; C. HÖSSLE, M. KOMOREK & K. WLOKA (Hrsg.). Studien zur Kontextorientierung im naturwissenschaftlichen Unterricht Band 05. Tönning: Der Andere Verlag

- [85] KATTMANN, U.; R. DUIT, H. GROPENGIESSER, & M. KOMOREK (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3(3), 3-18
- [86] KIRCKHOFF, M. (1988). *Mind Mapping*. Die Synthese von sprachlichem und bildhaftem Denken. Berlin: Synchron Verlag
- [87] KLEIN, K. & U. OETTINGER (2007). *Konstruktivismus*. Die neue Perspektive im (Sach-) Unterricht
- [88] KÖHNLEIN, W. (2001). Was heißt und wie kann "Verstehen lernen"geschehen? In: KAH-LERT, J. (Hrsg.) Wissen, Können, Verstehen - über die Herstellung ihrer Zusammenhänge im Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 55-69
- [89] KUBLI, F. (1981). Anschauungsmittel und Sprache im Unterricht. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie*, 29(1), 13-17
- [90] KRAPP, A. & B. WEIDEMANN (2001) (Hrsg.). *Pädagogische Psychologie*. 4. Aufl. Weinheim: Beltz
- [91] LAKOFF, G. (1987). *Woman, Fire and Dangerous Things*. What Categories Reveal about the mind. Chicago/London: The University of Chicago Press
- [92] LANGE, B. (2008). Imagination aus der Sicht von Grundschulkindern. Datenerhebung, Auswertung und Ertrag für die Schulpädagogik. In: MAYRING, P. & M. GLÄSER-ZIKUDA (Hrsg.) (2008). Die Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse. 2. Aufl. Weinheim: Beltz, 37-63
- [93] LINCOLN, Y. & E. GUBA (1985). Naturalistic inquiry. Thousand Oaks; CA: Sage
- [94] LÖFFGREN, L. & G. HELLDÈN (2005). Students' reflections on their own ideas about the transformation of matter. Paper presented at the Fifth Internation Conference of European Science Education Research Association (E.S.E.R.A.) Barcelona, Spain
- [95] LÜCK, G. (1998). Naturwissenschaftliche Bildung schon im frühen Kindesalter. In: *Nachr. Chem. Tech. Lab.* 46 (5). Weinheim: Wiley-VCH Verlag
- [96] LÜCK, G. (2004). Naturwissenschaften im frühen Kindesalter. In: FAUST, G.; M. GÖTZ, H. HACKER, H.-G. ROSSBACH. Anschlussfähige Bildungsprozesse im Elementar- und Primarbereich. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, 78-89
- [97] MANDL, H.; H. FRIEDRICH & A. HRON. (1994). Psychologie des Wissenserwerbs. In: WEIDMANN, B. & A. KRAPP,. (Hrsg.). Pädagogische Psychologie. 3. Aufl. Weinheim: Beltz, 143 216
- [98] MARGOLIS, G. & S. LAWRENCE (2006). *Concepts*. Stanford Encyclopedia of Philosophy. Unter: http://plato.stanford.edu/entries/concepts/ [Stand: 23.06.2008]
- [99] MAYRING, P. (1990). *Einführung in die qualitative Sozialforschung*. Eine Anleitung zu qualitativem Denken. München: PVU
- [100] MAYRING, P. (1995). *Qualitative Inhaltsanalyse*: Grundlagen und Techniken (5. Auflage). Weinheim: Deutscher Studienverlag.

- [101] MAYRING, P. (2000). Qualitative Inhaltsanalyse. Forum Qualitative Sozialforschung (FQS). Vol. 1, No. 2, Juli 2000. Unter: http://217.160.35.246/fqs-texte/2-00/2-00mayring-d.htm [Stand: 09.06.2008]
- [102] MAYRING, P. (2008). *Qualitative Inhaltsanalyse*. Grundlagen und Techniken. 10. Aufl. Weinheim und Basel: Beltz
- [103] MEHEUT, M. & A. TIBERGHIEN (1982). Pupils' (11-12 years olds) conceptions of combustion. In: European Journal of Science Education 7, 83-93
   MERZYN, G. (1998a). Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: Physik in der Schule 36(6), 203-287
- [104] MERZYN G. (1998b). Sprache und naturwissenschaftlicher Unterricht. 10 Thesen. In: *Praxis der Naturwissenschaften -* Physik 47(2), 1
- [105] MEUSER, M. & U. NAGEL (1994). Expertenwissen und Experteninterview. In: HITZLER, R.; A. HONER & C. MAEDER (Hrsg.). *Expertenwissen*. Die institutionalisierte Kompetenz zur Konstruktion von Wirklichkeit, Opladen, 180-192
- [106] MEUSER, M. & U. NAGEL (1997). Das ExpertInneninterview Wissenssoziologische Voraussetzungen und methodische Durchführung. In: FRIEBERTSHÄUSER, B. & A. PRENGEL (Hrsg.). *Handbuch Qualitative Forschungsmethoden in der Erziehungswissenschaft*. Juventa: Weinheim und München, 481-491
- [107] MEYER, H. (2005). *Fach-Didaktische Strukturierung aus allgemeiner Sicht*. ProDid Seminar 2. Kohorte WS2005/06. Skript zum 18.11.05; unveröff. Skript.
- [108] MILLER, P. (1993). Piagets Theorie der kognitiven Stadien. In: MILLER, P. (Hg.). *Theorien der Entwicklungspsychologie*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag 1993
- [109] DEUTSCHER VEREIN FÖRDERUNG DES ZUR MATHEMATISCHEN NATURWISSENSCHAFTLICHEN UNTERRICHTS (MNU), MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHER FAKULTÄTSTAG (MNFT), GESELLSCHAFT DEUT-SCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE (GDNÄ), DEUTSCHE MATHEMATIKERVER-EINIGUNG (DMV), VERBAND DEUTSCHER BIOLOGEN (VDBIOL), GESELLSCHAFT DEUTSCHER CHEMIKER (GDCH), DEUTSCHE PHYSIKALISCHE GESELLSCHAFT (DPG), Arbeistgemeinschaft Fachdidaktik der Naturwissenschaften UND DER MATHEMATIK (AFNM), GESELLSCHAFT DER MATHEMATIK (GDM), GESELLSCHAFT DER CHEMIE UND PHYSIK (GDCP) (1997). Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung an der Schwelle zu einem neuen Jahrhundert. Positionspapier. Unter: http://www.dpg-physik.de/info/stellungnahmen/men bild 1998.htm?print=true& [Stand: 03.03.2009]
- [110] MÖLLER, K. (2007): Naturwissenschaftlicher Sachunterricht. Kindern beim Erlernen von Naturwissenschaften helfen. In: *Grundschulmagazin*. 1/07, 8-10
- [111] MURMANN, L. (2007). Naturwissenschaftliches Lernen zwischen Politik und Kindergarten. In: *Widerstreit Sachunterricht*. Ausgabe 9/2007, 1-5
- [112] NIEDERSÄCHSISCHES KULTURSMINISTERIUM Hrsg. (2005). Orientierungsplan für Bildung und Erziehung im Elementarbereich an niedersächsischen Tageseinrichtungen für Kinder. Langenhagen: Schlütersche

- [113] NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM (Hrsg.) (2006). *Kerncurriculum für die Grundschule Jahrgang 1 4.* Sachunterricht. Hannover: Unidruck
- [114] NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM (Hrsg.) (2007a). Kerncurriculum für die Hauptschule Jahrgang 5 10. Naturwissenschaften. Hannover: Unidruck
- [115] NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM (Hrsg.) (2007b). *Kerncurriculum für das Realschule Jahrgang 5 10*. Naturwissenschaften. Hannover: Unidruck
- [116] NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM (Hrsg.) (2007c). *Kerncurriculum für das Gymnasium Jahrgang 5 10*. Naturwissenschaften. Hannover: Unidruck
- [117] NIESSELER, A. (2007). Kommentar zu Carl Schietzel: Naturwissenschaften in der Grundschule. In: *Widerstreit Sachunterricht*. Ausgabe 9/2007, 1-3
- [118] NOVAK, J.(1998). *Learning, creating and using Knowledge*: Concept Maps as facilitative tools in schools and corporations. Mahwah; NJ: Lawrence Erlbaum Associates
- [119] NOVAK, J.; D. B. GOWIN & G. JOHANSEN (1983). The Use of Concept Mapping an Vee Mapping with Junior High School Science Students. In: *Science Education* 67(5), 625-645
- [120] NOVAK, J. & B. GOWIN (1984). *Learning How to Learn*. Cambridge: Cambridge University Press
- [121] NOVAK, J. (n. d.). *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them.* Unter: http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryCmaps/ TheoryUnderlying-ConceptMaps.htm [Stand: 15.07.2009]
- [122] NOVAK, J. (1990). Concept Mapping: A useful tool for Science Education. In: *Journal of Research and Science Teaching*. 27(10), 937-949
- [123] OSHERSON; D.N. & E.E. SMITH (1982). Gradeness and conceptual combination. In: *Cognition* (12), 299-318
- [124] PARCHMANN, I.; W. BÜNDER, R. DEMUTH, J. FREIENBERG, R. KLÜTER & B. RALLE (2006). Lernlinien zur Verknüpfung von Kontextlernen und Kompetenzentwicklung. In: *CHEMKON* 13(3), 124-131
- [125] PFEIFER, P.; B. LUTZ & H.J. BAADER (2002). *Konkrete Fachdidaktik Chemie*. 3. Auflg. München: Oldenbourg
- [126] PIAGET, J. (1969). Das Erwachen der Intelligenz beim Kinde. Stuttgart: Klett
- [127] PIAGETJ. & B. INHELDER (1975). Die Entwicklung der physikalischen Mengenbegriffe beim Kinde. Gesammelte Werke 4. Stuttgart: Klett
- [128] PINTRICH, P., R. MARX & R. BOYLE (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom concextula factors in the process of conceptual change. In: *Review of Educational Research* (63), 167-199
- [129] PRIETO, T.; R. WATSON & J. DILLON (1992). Pupils' understanding of combustion. In: *Research in Science Teaching* 22, 331-340

- [130] PRENZEL, M. (2004). Naturwissenschaftliche Kompetenz in der Grundschule: Konsequenzen für den Sachunterricht und die Lehrerbildung. In: MERKENS, H. (Hg.). *Lehrerbildung*: IGLU und die Folgen. Opladen: Leske + Budrich, 37-50
- [131] RAHAYU,S. & R. TYTLER (1999). Progression in primary school children's conceptions of burning: Toward an understanding of the concept of substance. In: *Research in Science Education* 29(3), 295-312
- [132] REUSSER, K. (1998). Denkstrukturen und Wissenserwerb in der Ontogenese. In: KLIX, F. & H. SPADA (Hrsg.). Wissen. Enzyclopädie der Psychologie. Band 6. Göttingen: Hogrefe, 115-166
- [133] ROSCH, E. (1983). Prototype classification and logical classification: The Two systems. In: SCHOLNICK, E.K. (Hg.) *New trends in conceptual representation*: Challenges to Piaget's theory Hillsdale, N.J.: Erlbaum, 73-86
- [134] ROSS, K. (1991): Burning a constructive not a destructice process. In: *School Science Review* 72(261), 39-50
- [135] SCHIETZEL, C. (1984). Exakte Naturwissenschaften in der Grundschule?. In: BAUER, H.; & W. KÖHNLEIN (Hrsg.) (1984). Problemfeld Natur und Technik. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 114-133
- [136] SCHMIDKE, A.; S. SCHALLER & P. BECKER (1978). *CPM Manual*. Raven-Matrizen-Test. Coloured Progressive Matrices. Deutsche Bearbeitung. Weinheim: Beltz TestGesellschaft
- [137] SCHMITT, A. & P. MAYRING (2000). Qualitativ orientierte Methoden. In: OTTO, H.; H.A. EULER & H. MANDL (Hrsg.). *Emotionspsychologie: Ein Handbuch*. München: PVU, 469-477
- [138] SCHNOTZ, W. (2001). Conceptual Change. In: ROST, D. *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie*. Weinheim: Beltz, 75-81
- [139] SCHOLLUM, B. & J. HAPPS (1982). Learners' views about burning. In: *The Australian Science Techaers' Journal* 28(3), 84-88
- [140] SEKRETARIAT DER STÄNDIGEN KONFERENZ DER KULTUSMINISTER DER LÄNDER IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (2005) (Hrsg.). Bildungsstandards im Fach Deutsch für den Primarbereich. München: Wolters-Kluver
- [141] SÉRE, M. (2000). The Gaseous State. In: DRIVER, R. (Hg.). *Children's Ideas in Science*. Philadelphia: Open University Press, 105-124
- [142] SKAMP, K. (1998). *Atoms and Molecules: suitable content for years 5 7*. Paper presentet at the annual meeting of the Australian Science Education Research Association (ASERA), Darwin
- [143] SPRINGER, N. (2007). Gütekriterien qualitativer Forschung Übung: Qualitative Methoden. Unter: http://66.102.9.104/search?q=cache:SnDEbomBENoJ:home.ifkw.lmu.de/mmeyen/lehre/ws0708/springer\_ue\_quali/1511\_3.pdf+ines+steinke+g%C3%BCtekriterien&hl=de&ct=clnk&cd=2&gl=de [Stand: 27.02.2008]

- [144] STARK, R. (2002). Conceptual Change: kognitivistisch oder kontextualistisch? LMU Forschungsbericht Nr.49, Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie
- [145] STARR, M. & J. KRAJCIK (1990). Concept Mapping as a heuristic for science curriculum development: toward improvement in process and product. In: *Journal of Research and Science Teaching*. 27(10), 987-1000
- [146] STEINKE, I. (2000). Gütekriterien qualitativer Forschung. In: Flick, U. (Hrsg.) Qualitative Forschung. Ein Handbuch. Hamburg: Rowohlt
- [147] STEFFENSKY, M. (2007). *Verbrennung*. Fachdidaktische Informationen. Unter: http://www.edu.lmu.de/supra/verbrennung/fachdidakt\_infos.htm [Stand: 10.12.2007]
- [148] STERN, E. (2003). Kompetenzerwerb in anspruchsvollen Inhaltsgebieten bei Grundschulkindern. In: CECH, D. & H.-J. SCHWIER (Hrsg.). *Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht*. Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, Band 13. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 37-58
- [149] STERN, E. (2002a). Wie abstrakt lernt das Grundschulkind? Neuere Ergebnisse der entwicklungspsychologischen Forschung. In: PETILLON, H. (Hg.) (2002). Handbuch Grundschulforschung. Band 5: Individuelles und soziales Lernen - Kindperspektive und p\u00e4dagogische Konzepte. Leverkusen: Leske + Budrich. 22-28
- [150] STERN, E.; I. HARDY & S. KOERBER (2002b). Die Nutzung graphisch-visueller Repräsentationsformen im Sachunterricht. In: SPRECKELSEN, K.; A. HARTINGER & K. MÖLLER (2002). Ansätze und Methoden empirischer Forschung zum Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinikhards. 119-131
- [151] STRIKE, K. & G. POSNER (1982). Conceptual change and science teaching. In: *European Journal of Science Education* (4), 231-240
- [152] STRIKE, K. & G.J. POSNER (1992). A revisionist theory of conceptual change. In: DUSCHL, R. & R. HAMILTONN (Hrsg.) *Philosophy of Science. Cognitive Psychology and Educational Theory and Practice.* Albany, N.Y.: State University of New York Press, 147-176
- [153] SUMFLETH, E. (1988). *Lehr- und Lernprozesse im Chemieunterricht*. Das Vorwissen des Schülers in einer kognitionspsychologisch fundierten Unterrichtskonzeption. Frankfurt am Main: Verlag Peter Lang
- [154] UNTHAN, H. (2006). Eine empirische Untersuchung über die Entwicklung anschlussfähiger naturwissenschaftlicher Konzepte von Grundschülern und Grundschülerinnen zum Thema Feuer. Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung. Universität Lüneburg: unveröffentlichtes Manuskript
- [155] VOSNIADOU, S. & W. Brewer (1992). Mental models of earth. In: *Cognitive Psychology* (24), 535-585
- [156] WAGENSCHEIN, M. (1970). Die Sprache im Physikunterricht. In: WAGENSCHEIN, M. (1970). *Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken*, Bd. 2. Stuttgart: Klett, 158-179
- [157] WATZLAWICK, P. & F. KREUZER (1991). *Die Unsicherheit unserer Wirklichkeit*. Ein Gespräch über den Konstruktivismus. 3. Aufl. München: Piper

- [158] WIEDERHOLT, E. & M. PLEMPEL (1996). Gegen den Kerzenversuch zur Sauerstoffbestimmung der Luft. In: *Chemie in der Schule* (43) 7/8, 279-283
- [159] WYGOTSKI, L. (1986). Denken und Sprechen. Frankfurt: Fischer
- [160] WYRWA, H. (1996). Pädagogik, Konstruktivismus und kognitive Sicherheit: Zur kognitiven Autonomie in pluralistischen Gesellschaftssystemen: Entwurf einer konstruktivistischen Denkerziehung. Aachen: Mainz Wissenschaftsverlag
- [161] ZAUS, M. (2000). *Intensivkurs Concept Maps & Concept Mapping*. Bericht des Instituts für Psychologie. Fakultät IV, der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg (unveröffentlichtes Manuskript)
- [162] ZUCHT, U.; M. ROSSOW, G. LANGE & A. FLINT (2004). Chemie fürs Leben Sauerstoff aus Oxi-Reinigern. *CHEMKON* 11(3), 131-136

# Abbildungsverzeichnis

| 2.1  | Untersuchungsdesign, eingebettet in das Forschungsmodell der Didaktischen Rekonstruktion |
|------|--|
| 3.1  | Einfache Concept Map   |
| 3.2  | Hierarchische Anordnung der Begriffe   |
| 3.3  | Clusterartige Anordnung der Begriffe   |
| 3.4  | Beispiel für eine Mind Map   |
| 3.5  | Geankertes Lernen (aus: Edelmann 2000)   |
| 3.6  | Concept Map mit "misconception" (entnommen aus Novak (1983):21)                          |
| 4.1  | Schematische Darstellung des Untersuchungsdesigns  |
| 4.2  | Schematische Darstellung der in der Intervention intendierten fachlichen Inhalte         |
|      | des Lerngegenstandes Feuer und Verbrennungsprozesse                                      |
| 4.3  | Wissenslandkarte zum Apfel   |
| 4.4  | Beispiel für ein zu ergänzendes Muster aus der Reihe der CPM-Matrizen 37                 |
| 4.5  | Beispiel für eine zu ergänzende Musterfolge aus der Reihe der CPM-Matrizen 33            |
| 4.6  | Stichwortliste   |
| 4.7  | Concept Map  |
| 4.8  | Deskriptive Statistiken Hypothese 1  |
| 4.9  | Korrelationsmatrix zu Hypothese 1  |
|      | Deskriptive Statistiken Hypothese 2  |
|      | Korrelationsmatrix zu Hypothese 2  |
|      | Deskriptive Statistiken Hypothese 3  |
| 4.13 | Korrelationsmatrix zu Hypothese 3  |
| 4.14 | Deskriptive Statistiken Hypothese 4  |
|      | Korrelationsmatrix zu Hypothese 4  |
|      | Deskriptive Statistiken Hypothese 5  |
|      | Korrelationsmatrix zu Hypothese 5  |
| 4.18 | Korrelationsmatrix zu Hypothese 6  |
|      | AKN verarbeitete Fälle   |
|      | AKN deskriptive Statistiken  |
|      | Boxplots der Variable AKN  |
|      | Korrelationsmatrix der Variable AKN  |
|      | GKN verarbeitete Fälle   |
|      | GKN deskriptive Statistiken  |
|      | Boxplots der Variable GKN  |
|      | Korrelationsmatrix der Variable GKN  |
|      | AFEHL verarbeitete Fälle   |
| 4.28 | AFEHL deskriptive Statistiken  |

| 4.29 | Boxplots der Variable AFEHL   |
|------|---|
| 4.30 | AFACH verarbeitete Fälle  |
|      | AFACH deskriptive Statistiken   |
|      | Boxplots der Variable AFACH   |
| 4.33 | ASTICH verarbeitete Fälle   |
| 4.34 | ASTICH deskriptive Statistiken  |
| 4.35 | Boxplots der Variable ASTICH  |
| 4.36 | AFACHSTICH verarbeitete Fälle   |
|      | AFACHSTICH deskriptive Statistiken  |
| 4.38 | Boxplots der Variable AFACHSTICH  |
| 4.39 | Korrelationsmatrix der Variable AFACHSTICH 6  |
| 6.1  | Die am häufigsten genannten Aspekte in der Voruntersuchung sortiert nach Gruppen 79 |
| 6.2  | Die am häufigsten genannten Konzepte im einzelnen                                   |
| 7.1  | Analyseeinheiten der Fachdidaktischen Klärung                                       |
| 7.2  | Analyseeinheiten mit zugehörigen Kategorien zu einem Beispiel 90                    |
| 7.3  | Analyseeinheiten mit zugehörigen Kategorien zu allen Interviews 100                 |
| 8.1  | Graphische Darstellung der rahmenden Elemente der Didaktischen Strukturierung 110   |
| 8.2  | Kompetenzentwicklung durch die Verknüpfung von Instruktion, Konstruktion und        |
|      | Reflexion (Parchmann u.a. 2006:125)   |
| 8.3  | Exemplarische Lernlinie für den Lerngegenstand                                      |
| 8.4  | Vergleich der Lernlinie mit der Intervention (CHEMOL)                               |
| 8.5  | Beispiel für eine Inszenierungsmöglichkeit in Anlehnung an Greinstetter (2008) . 14 |