Wahrnehmung von Transfer in kontextbasierten Lernumgebungen

Herausforderungen und Ansätze der Unterstützung

Von der Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften der Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg zur Erlangung des Grades und Titels eines

Doctor philosophiae

(Dr. phil.)

Angenommene Dissertation

Von Frau Wiebke Endres

Geboren am 08.04.1981 in Sande

Erstprüferin:

Prof. Dr. Verena Pietzner

Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg

Zweitprüferin:

Prof. Dr. Ilka Parchmann

Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik Kiel

Tag der Disputation: 31.08.2018

Danke

„Denn in der Freundschaft werden alle Gedanken, alle Wünsche, alle Erwartungen ohne Worte geboren und geteilt, mit Freude, die keinen Beifall braucht.“

(Gibran 2006, S. 58)

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen bedanken, ohne die mein Traum von einer Promotion nie wahrgeworden wäre.

Zuallererst möchte ich mich bei Prof. Dr. Pietzner und Prof. Dr. Parchmann bedanken, ohne ihre Impulse, Ideen, Kritik, Unterstützung und Geduld es diese Arbeit nicht geben würde.

Die Intention der vorliegenden Arbeit über fachliche Grenzen, als auch Landesgrenzen hinweg eine neue Sichtweise auf Lehren und Lernen zu erlangen, wäre ohne die verschiedensten Auslandsaufenthalte nicht möglich gewesen.

Mein Dank für die finanzielle Unterstützung dieser Vorhaben richtet sich an Rotary International, die Vertrauen in meine Arbeit setzten und mir für diese Zeit die finanziellen Mittel zur Verfügung stellten.

Aber ohne all die Menschen, die jeweils vor Ort konkrete Einblicke und offene Diskussionen ermöglichten, wäre diese Zeit nicht von so entscheidender Bedeutung für diese Arbeit als auch für mich persönlich und meine Profession geworden.

Mein besonderer Dank geht an das Team des Freudenthal Instituts der Universität Utrecht, vor allem Dr. Astrid Bulte als meiner Mentorin sowie allen Interviewpartnern, denen ich so viele neue Perspektiven verdanke.

Auch in den nachfolgenden Auslandsaufenthalten haben mich ganz besondere Menschen begleitet, die ich heute zu meinen Freunden zählen darf. Meinen persönlichen Dank möchte ich Herrn Jan Apotheker, Universität Groningen, aussprechen, der mir in jeder Hinsicht ein Zuhause für meine Arbeit gegeben hat sowie David C. Webb, der mich im Freudenthal Institut der Universität von Colorado willkommen hieß und dadurch zur Entwicklung erster Unterrichtseinheiten des didaktischen Ansatzes in Deutschland beitrug.

Die Arbeit an meiner Promotion forderte viel Raum und Zeit sowie Strukturen, die mir die zahlreichen Unterrichtsversuche auch über schulische Grenzen hinaus ermöglichten.

Mein Dank gilt an dieser Stelle auch meiner Schule, dem Neuen Gymnasium Wilhelmshaven, sowie jenen Partnern, die zu den verschiedensten Unterrichtsversuchen und Interviews bereit waren.

„Und die Freundschaft soll keinen anderen Zweck haben als den Geist zu vertiefen.“

(Gibran 2006, S. 58)

Euch alle zähle ich zu meinen Freunden, die meinen Geist vertieft haben und mir Sichtweisen auf Lehren und Lernen aber auch auf mich selbst ermöglichten, die mich sicherlich mein gesamtes Leben begleiten werden und die die begonnene Arbeit auch in Zukunft immer wieder bereichern werden – Danke!

Am Schluss fehlt noch ein ganz entscheidender Dank: an meine Eltern. Eure Leistung zu dieser Arbeit darzustellen, dafür würden nochmals hunderttausend Wörter nicht ausreichen. Ihr habt an mich geglaubt, auch wenn bei mir die Zweifel überwogen, habt mich ermutigt, unterstützt und hinterfragt – kurzum ihr wart und werdet immer meine besten Freunde sein.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis IV

Abbildungsverzeichnis VI

Tabellenverzeichnis VIII

Abstract X

Kurzfassung XII

Einleitung 1

1 Reflektion zentraler Aussagen der Transferforschung vor dem Hintergrund der lehrlerntheoretischen Betrachtung von kontextbasierten Unterrichtseinheiten 12

1.1 Lehren und Lernen 13

1.1.1 Prämissen eines guten Unterrichts 13

1.1.2 Die Motivation zum Lernen – Erkenntnisse aus der Lehr-Lern-Forschung 17

1.1.3 Das kognitiv-konstruktivistische Modell des Lernens 23

1.2 Transferkompetenz als höchstes Ziel des Lernprozesses 30

1.2.1 Zum Begriff des Lerntransfers 30

1.2.2 Transfer in kontextbasierten Lernumgebungen 56

1.2.2.1 Das Verständnis und die Förderung von Transfer im didaktischen Ansatz von „Mathematik im Kontext“ 56

1.2.2.2 Das Verständnis und die Förderung von Transfer im didaktischen Ansatz von PLON 80

1.2.2.3 Das Verständnis und die Förderung von Transfer im didaktischen Ansatz von „Chemie im Kontext” (CHiK) 91

1.2.2.4 Fazit zur Betrachtung der Ansätze von MIC, PLON und CHiK 102

2 Ein Blick in die Praxis – „Chemie im Kontext“ 108

3 Fallstudien – Didaktische Ansätze zur Umsetzung eines transferunterstützenden, kontextbasierten Unterrichts 158

3.1 „Mathematik im Kontext“ zur Förderung der Transferfähigkeit 161

3.2 Evaluation von ProChem hinsichtlich des transferfördernden Potentials des Ansatzes zur Förderung naturwissenschaftlicher Grundbildung 172

3.2.1 Beschreibung der Lerngruppe zur Erprobung der Fallstudie zum didaktischen Ansatz von „ProChem“ 172

3.2.2 Die didaktische Konzeption des Ansatzes von „ProChem“ und ihre unterrichtliche Erprobung 174

3.2.3 Abschließende Reflektion der Fallstudie vor dem Hintergrund der dargelegten Theoriediskussion 227

3.3 Entwicklung, Durchführung und Evaluation einer kontextbasierten Chemieeinheit in Anlehnung an den didaktischen Ansatz von „Mathematik im Kontext“ 229
3.3.1 Beschreibung der Lerngruppe zur Erprobung der Fallstudie 229
3.3.2 Aufbau sowie didaktische und methodische Umsetzung der Einheit ... 231
3.3.3 Evaluation der Einheit 241
3.3.3.1 Feedback der Lernenden 241
3.3.3.2 Ausarbeitungen der Lernenden 246
3.3.3.3 Lerntagebücher und Nachtests der Lernenden 256
3.3.4 Abschließende Reflektion der Fallstudie vor dem Hintergrund der dargelegten Theoriediskussion 265
4 Diskussion der Ergebnisse und Fazit 269
Literaturverzeichnis 282
Anhang 291
Inhaltsverzeichnis des Anhangs 291
Erklärung 460

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Perspektiven bezüglich des Verständnisses von Transferprozessen 6
Abbildung 2: Varianten von Lernmotivation nach Prenzel (Prenzel 1995) 20
Abbildung 3: Kriterien zum Aufbau und zur Unterstützung einer identifizierten, intrinsischen und interessierten Lernmotivation nach Prenzel (Prenzel 1998) 22
Abbildung 4: Struktur eines typischen Unterrichtsgangs des Mathematikunterrichts in England, welcher sich sicherlich auch vielfach in Deutschland skizzieren lässt 57
Abbildung 5: Funktion der Kontexte in einer „Mathematik im Kontext“-Einheit unter Berücksichtigung der Entwicklung mathematischer Kompetenz..... 62
Abbildung 6: Struktur einer MIC-Einheit..... 66
Abbildung 7: Transfer in einer „Mathematik im Kontext“-Einheit..... 66
Abbildung 8: Aufbau der Einheit – Kontextabfolge und Entwicklung des mathematischen Inhalts 76
Abbildung 9: Struktur einer PLON-Einheit..... 83
Abbildung 10: Ebenen des Transfers in einer PLON-Einheit 88
Abbildung 11: Transferebenen im Rahmen einer CHiK-Einheit 94
Abbildung 12: Die vier Phasen der Unterrichtskonzeption „Chemie im Kontext“..... 95
Abbildung 13: Kontexte und Kompetenzbereiche in einer CHiK-Einheit..... 97
Abbildung 14: Entwicklung des Konzept-Netzwerks unter besonderer Berücksichtigung von Transferprozessen in einer CHiK-Einheit 101
Abbildung 15: Gewichtung der CHiK-Phasen in der unterrichtlichen Praxis..... 125
Abbildung 16: Varianz fachlicher Konzepte zur Problemlösung im Rahmen der MIC-Einheit „Representations:Graphs”..... 162
Abbildung 17: Beispielhafte Plakatpräsentationen der Lernenden zum Einstieg in die Unterrichtsreihe, in denen sie Graphen in ihrer Lebenswelt aufzeigen und versuchen erste Ordnungsprinzipien zu erkennen. 163
Abbildung 18: Beispiel für eine während einer MIC-Einheit erstellte Mind Map, in der durch unterschiedliche Farben zudem eine zeitliche Entwicklung des Konzept-Netzwerks nachvollziehbar ist. 166
Abbildung 19: Vortest 180
Abbildung 20: Nachtest 195

Abbildung 21: Auswahl der Lernenden in den Klassenstufen 219
Abbildung 22: Arbeitsblatt Teil 1 „Vom Sand zum Chip – das Silizium“..... 233
Abbildung 23: Arbeitsblatt Teil 2 „Vom Sand zum Chip – das Silizium“..... 235
Abbildung 24: Arbeitsblatt „Schienenkitt – das Geheimnis der Gleisbauer“..... 236
Abbildung 25: Arbeitsblatt „‘Der unsichtbare Mörder‘ - die Untersuchung des Tatortes“ 238
Abbildung 26: Arbeitsblatt „Die Nord-Süd-Verbindung durch Australien – Stahl für die Eisenbahn“..... 239
Abbildung 27: Comic zum Ablauf einer Redoxreaktion-Beispiel 1..... 247
Abbildung 28: Comic zum Ablauf einer Redoxreaktion-Beispiel 2..... 248
Abbildung 29: Ergebnisse der Gruppenarbeitsphase zur Entwicklung des Thermitschweißens..... 251
Abbildung 30: Exemplarische Arbeiten der Lernenden zur Darstellung des Hochofenprozesses..... 254
Abbildung 31: „Welt ohne Eisen“ 255
Abbildung 32: Nachtest 262

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ausschnitte aus den Rückmeldungen der Lehrkräfte zur Unterrichtseinheit. 77
Tabelle 2: Konzeption des Ansatzes von CHiK 108
Tabelle 3: Aussagen der Interviewpartner bzgl. der Ausgestaltung der Phasen in einer CHiK-Einheit 111
Tabelle 4: Darstellung sich anschließender „Übungskontexte“ durch die Interviewpartner 119
Tabelle 5: Zeitliche Anteile der Unterrichtsphasen in einer CHiK-Einheit 125
Tabelle 6: Motivationale Aspekte im Rahmen einer CHiK-Einheit 128
Tabelle 7: Transfer im Rahmen einer CHiK-Einheit 134
Tabelle 8: Skizze der zwei Fallstudien aus dem Bereich der Naturwissensschhaften bezüglich konzeptioneller Aspekte und Grundlagen der Evaluation 161
Tabelle 9: Aufbau der ProChem-Einheit 177
Tabelle 10: Auswertung des Vortests bzgl. des „Heißluftballons über dem Toaster“ 186
Tabelle 11: Auswertung des Vortests bzgl. der „Flasche unter dem Wasserhahn“ 189
Tabelle 12: Auswertung des Vortests bzgl. der Fragestellung zum Osterfeuer 194
Tabelle 13: Auswertung der ersten Fragestellung des Nachtests „Platzende Luftballons“ 199
Tabelle 14: Auswertung der zweiten Fragestellung des Nachtests „Magische Flasche“ 201
Tabelle 15: Auswertung der dritten Fragestellung des Nachtests „Teebeutelrakete“ 204
Tabelle 16: Matrix zum Inhaltsbereich der Ausdehnung warmer Luft (Klassenstufe 2) 207
Tabelle 17: Matrix zur zweiten Fragestellung in Vor- und Nachtest (Klassenstufe 2) ... 209
Tabelle 18: Matrix zur dritten Fragestellung in Vor- und Nachtest (Klassenstufe 2) 211
Tabelle 19: Matrix zum Inhaltsbereich der Ausdehnung warmer Luft (Klassenstufe 3) 214
Tabelle 20: Matrix zur zweiten Fragestellung in Vor- und Nachtest (Klassenstufe 3) ... 216
Tabelle 21: Matrix zur dritten Fragestellung in Vor- und Nachtest (Klassenstufe 3) 217
Tabelle 22: Individuelle Lernentwicklung bzgl. der Auswertung von Vor- und Nachtest (Nummer 22) 220
Tabelle 23: Individuelle Lernentwicklung bzgl. der Auswertung von Vor- und Nachtest (Nummer 36) 221
Tabelle 24: Individuelle Lernentwicklung bzgl. der Auswertung von Vor- und Nachtest (Nummer 16) 222

Tabelle 25: Individuelle Lernentwicklung bzgl. der Auswertung von Vor- und Nachtest (Nummer 5) ... 223
Tabelle 26: Individuelle Lernentwicklung bzgl. der Auswertung von Vor- und Nachtest (Nummer 6) ... 224
Tabelle 27: Individuelle Lernentwicklung bzgl. der Auswertung von Vor- und Nachtest (Nummer 26) ... 224
Tabelle 28: Individuelle Lernentwicklung bzgl. der Auswertung von Vor- und Nachtest (Nummer 21) ... 225
Tabelle 29: Individuelle Lernentwicklung bzgl. der Auswertung von Vor- und Nachtest (Nummer 13) ... 226
Tabelle 30: Aufbau der Einheit „Metalle in Industrie und Technik“ ... 240
Tabelle 31: Feedback zur Unterrichtsstunde „Ötzi-das Geheimnis der Gletschermumie“ ... 242
Tabelle 32: Feedback zur Unterrichtsstunde „Vom Sand zum Chip – das Silizium“ ... 243
Tabelle 33: Feedback zur dritten Unterrichtsstunde „Schienenkitt – das Geheimnis der Gleisbauer“ ... 244
Tabelle 34: Feedback zur dritten Unterrichtsstunde – Fokus fachlicher Inhalt ... 245
Tabelle 35: Auswertung des Comics – Reaktionsablauf ... 249
Tabelle 36: Auswertung des Comics – Energetik ... 249
Tabelle 37: Auswertung des Comics – Teilchendarstellung ... 250
Tabelle 38: Auswertung des Übungskontextes „‘Der unsichtbare Mörder‘ – die Untersuchung des Tatortes“ ... 252
Tabelle 39: Auswertung der „Spickzettel“ ... 255
Tabelle 40: Individualisierte Evaluation bzgl. Mind Map sowie Nachtest ... 257
Tabelle 41: Nachtest erste Fragestellung ... 263

Abstract

The ability to transfer is considered to be the highest aspiration of teaching, but it lags far behind the reality of the transfer competence of the learners attested by international comparative studies. The present work focuses on the identification of transfer-promoting didactic elements in the teaching and problem-solving process in order to develop context-based teaching units that positively influence the transfer competence of the learner.

The work is based on a situated concept of transfer. Transfer is understood as a changed activity of the learner from the learning situation to the new problem or application situation. Successful transfer requires conceptual reconstruction, which in turn requires the recognition of analogies (transfer based on analogy), which at the same time allows for the definition of concepts inherent in the concept network as basic concepts. Derived from this, there is the demand for a multitude of context-based problems in the teaching process, whereby, in addition to the application of what has been learned, above all the focus should be placed on the reflection of the individual cognitive process. As a consequence a teacher-dominated phase of decontextualization can be dispensed with. The subsequent analysis of context-based lessons illustrates a variance in the role and function of the context in the three approaches studied (CHiK, PLON, MIC). Both in a "chemistry in context" unit and in a "mathematics in context" unit, there is a close, defined interlocking of context and concept and the development of the respective technical concepts in context-based problems. However, in CHiK units, an explicit phase of decontextualizing content from the context prior to recontextualization is considered necessary, while MIC consciously dispenses with such a phase. Thus, in comparison of both didactic conceptions, an analogous discussion emerges, as already presented in the theoretical consideration of transfer processes.

The MIC units implement the fundamentals of analogue based transfers, so that with varying surface structure of the problem, the underlying mathematical content undergoes generalization in the sense of a technical concept, so that a phase of decontextualization can be dispensed with. PLON does not show any context-based elaboration of physical concepts; on the contrary, the meaning of context is limited to motivational aspects and the application of what has been learned in authentic, real life-oriented problem situations. As a consequence, a situational concept network can only be formed by the learner in the transfer to the respective problem situations. Likewise, there is no clear emphasis on problem-solving skills as a central element of successful transfer processes. PLON is particularly interesting concerning the response to the unsatisfactory results found in the learners' transfer

performance. So-called systematic units are being developed, which focus more on the links between the concepts as well as structuring elements and problem-solving strategies based on a sequence of contexts. Here again elements of the analogy-based transfer are implemented, which can be identified in all three didactic concepts: CHiK in the context of a recontextualization, MIC as a structuring element in a transfer process inherent in the unit and in PLON at the end of the unit, or explicitly in the systematic units.

In the following, teachers' perspective on transfer issues in context-based chemistry units is analyzed through an interview study with seven CHiK teachers. For all interviewees, the teaching implementation is largely consistent with the didactic conception itself. Only with regard to the last phase, which is also identified as a transfer-promoting element of a unit, does the concept of decontextualization dominate the explanations of the teachers regarding the naming of this phase, differing from the didactic conception itself. The concept of transfer is equated with the notion of applying the contents acquired in the previous phases to new problems in the context of recontextualisation. This means focusing on the technical level while neglecting problem-solving strategies as a transfer-supporting element. The attested cause of the transfer problem, which is seen in context-based content, fits in perfectly with this picture of the teachers. The recontextualization itself does not take place on a criteria-based basis, so that no coherent implementation of the analogue-based transfer can be established. Only the basic concepts themselves are identified as anchoring ideas and should accelerate analogy recognition.

The results described so far underline the role and function of problem-solving strategies for successful transfer processes and lead to the working hypothesis that the fourth phase of a CHiK unit should be replaced by a well-defined sequence of context-based problems. By analogy the learner should be able to structure the technical content in the sense of the basic concepts.

The case study ProChem is characterized by a defined sequence of problem contexts of varying transfer distance, embedded in a storytelling approach. The study was accompanied by a classic pre- and post-test, whereby coherent statements on the transfer-promoting potential of this approach, which consciously dispenses with a decontextualization of the subject content, can not be formulated. However, the ascertained dominance of lifeworldly anchors fits in well with the theory of analogue-based transfer. The context of the problem itself is crucial, as it clearly activates (basic) concepts and their links to the learner, which ultimately support the adaptation of a concept network to the new problem.

The following case study, based on CHiK for lower secondary teaching of the Gymnasium, also shows a succession of context-based problem situations with a varying transfer distance, but does without a coherent narrative thread. In addition to a post-test, a wide variety of evaluation instruments accompany the unit, e.g. mind maps and learning journals. However, the analyses of these do not lead to a uniform picture of the assessment of the transfer-promoting potential. Rather, it shows that particularly underachieving young people need support in order to provide the necessary analogy. The reflection of one's own learning and cognitive process is crucial here, for which a supporting methodology has to be developed. The analogy knowledge itself is forced by various keywords. From this general criteria for task contexts can be derived to support the learner's transfer performance.
The work's explanations emphasize the viability of the analogue-based transfer model as well as the situational model of the learner's individual concept network. Due to the limited scope of the investigation, only exemplary anchors can be discussed and methods of reflection sketched. The contribution of the present work is to derive impulses of lesson development, which can prove to be transfer-supporting.

Kurzfassung

Die Fähigkeit Transfer zu leisten gilt als höchster Anspruch unterrichtlicher Bestrebungen, bleibt aber deutlich hinter der Wirklichkeit der durch internationale Vergleichsstudien attestierten Transferkompetenz der Lernenden zurück. Die vorliegende Arbeit fokussiert sich auf die Identifikation transferfördernder didaktischer Elemente im unterrichtlichen Lern- und Problemlöseprozess, um anhand dieser kontextbasierte Unterrichtseinheiten zu entwickeln, welche die Transferkompetenz des Lernenden positiv beeinflussen.
Der Arbeit liegt ein situierter Transferbegriff zugrunde, indem Transfer als eine veränderte Aktivität des Lernenden von der Lernsituation in die neue Problem- bzw. Anwendungssituation verstanden wird. Erfolgreicher Transfer bedarf der konzeptionellen Rekonstruktion und diese wiederum der Erkenntnis von Analogien (analogiebegründeter Transfer), wodurch zugleich fachimmanente Konzepte des Konzept-Netzwerks als Basiskonzepte definiert werden können. Hieraus abgeleitet ergibt sich die Forderung nach einer Vielzahl kontextbasierter Problemstellungen im unterrichtlichen Prozess, wobei neben der Anwendung des Erlernten vor allem der Fokus auf die Reflektion des individuellen Erkenntnisprozesses gelegt werden sollte, wodurch auf eine lehrerdominierte Phase der Dekontextualisierung verzichtet werden kann. Die anschließende Analyse kontextbasierter Unterrichtseinheiten verdeutlicht

eine Varianz in der Rolle und Funktion des Kontextes in den drei untersuchten Ansätzen (CHiK, PLON, MIC). Sowohl in einer „Chemie im Kontext“-Einheit als auch in einer „Mathematik im Kontext“-Einheit findet sich eine enge, definierte Verzahnung von Kontext und Konzept und die Erarbeitung der jeweiligen fachlichen Konzepte in kontextbasierten Problemstellungen. Allerdings wird in CHiK-Einheiten eine explizite Phase der Dekontextualisierung der Inhalte vom Kontext vor einer erneuten Rekontextualisierung als notwendig angesehen, wohingegen bei MIC auf eine solche Phase bewusst verzichtet wird. Es zeigt sich somit im Vergleich beider didaktischer Konzeptionen eine analoge Diskussion, wie sie sich bereits in der theoretischen Betrachtung von Transferprozessen darstellte. Die MIC-Einheiten setzen die Grundlagen analogiebegründeten Transfers unterrichtlich um, so dass bei variierender Oberflächenstruktur der Problemstellung der zugrundeliegende mathematische Inhalt Verallgemeinerung im Sinne eines fachlichen Konzepts erfährt, so dass auf eine Phase der Dekontextualisierung verzichtet werden kann. PLON zeigt keinerlei kontextbasierte Erarbeitung physikalischer Konzepte, vielmehr beschränkt sich die Bedeutung des Kontextes neben motivationalen Aspekten auf die Anwendung des Erlernten in authentischen, lebensweltlichen Problemsituationen. Als Folge kann ein situativ bedingtes Konzept-Netzwerk durch den Lernenden erst im Transfer in die jeweiligen Problemsituationen gebildet werden. Ebenso fehlt eine deutliche Betonung der Problemlösekompetenzen als zentrales Element erfolgreicher Transferprozesse. Besonders interessant stellt sich bei PLON die Reaktion auf die festgestellten unbefriedigenden Ergebnisse bezüglich der Transferleistungen der Lernenden dar. Es werden sogenannte systematic units entwickelt, die eine stärkere Fokussierung auf Verknüpfungen zwischen den Konzepten sowie strukturierende Elemente und Problemlösestrategien aufweisen, welche auf einer Abfolge von Kontexten basieren. Hier werden erneut Elemente des analogiebegründeten Transfers umgesetzt, welche in allen drei didaktischen Konzeptionen identifiziert werden können: CHiK im Rahmen einer Rekontextualisierung, MIC als strukturierendes Element in einem der Einheit immanenten Transferprozess und in PLON am Ende der Einheit, bzw. explizit in den systematic units.

Im Folgenden wird die Sichtweise der Lehrkräfte bezüglich der Transferproblematik in kontextbasierten Chemieeinheiten durch eine Interviewstudie mit sieben CHiK-Lehrkräften analysiert. Bei allen Interviewten zeigt sich eine weitestgehend mit der didaktischen Konzeption selbst übereinstimmende unterrichtliche Umsetzung. Lediglich bezüglich der letzten Phase, die zudem als transferförderndes Element einer Einheit identifiziert wird, dominiert hinsichtlich der Benennung dieser Phase abweichend von der didaktischen Konzeption selbst der

Begriff der Dekontextualisierung die Ausführungen der Lehrkräfte. Der Begriff des Transfers wird mit dem Begriff der Anwendung der in den vorangegangenen Phasen erworbenen Fachinhalte auf neue Problemstellungen im Rahmen einer Rekontextualisierung gleichgesetzt. Dies meint eine Fokussierung auf die fachliche Ebene bei gleichzeitiger Vernachlässigung von Problemlösestrategien als transferunterstützendes Element. In dieses Bild der Lehrkräfte fügt sich passend auch die attestierte Ursache des Transferproblems, die in der Kontextbasierung der Inhalte gesehen wird. Die Rekontextualisierung selbst findet nicht kriterienbasiert statt, so dass keine kohärente Umsetzung des analogiebegründeten Transfers festzustellen ist. Lediglich die Basiskonzepte selbst werden als Ankerideen identifiziert und sollen Analogieerkenntnis forcieren.

Die bislang beschriebenen Ergebnisse unterstreichen die Rolle und Funktion von Problemlösestrategien hinsichtlich erfolgreicher Transferprozesse und münden in der Arbeitshypothese, dass jene vierte Phase einer CHiK-Einheit durch eine wohldefinierte Abfolge von kontextbasierten Problemstellungen ersetzt werden sollte. Durch Analogiererkenntnis sollte der Lernende die Strukturierung des fachlichen Inhalts im Sinne der Basiskonzepte selbst leisten können.

Die Fallstudie ProChem zeichnet sich durch eine definierte Abfolge von Problemkontexten variierender Transferdistanz, eingebettet in einen storytelling-Ansatz, aus. Begleitet wurde die Einheit durch Vor- und Nachtests, welche die Bedeutung lebensweltlicher Anker aufzeigten, jedoch keine kohärenten Aussagen zum transferfördernden Potential dieses Ansatzes, der auf eine Dekontextualisierung der Fachinhalte bewusst verzichtet, zulassen. Allerdings fügt sich die festgestellte Dominanz lebensweltlicher Anker gelungen in die Theorie des analogiebegründeten Transfers ein. Als entscheidend stellt sich der Kontext der Problemstellung selbst dar, da durch diesen beim Lernenden offenbar (Basis)Konzepte und deren Verknüpfungen aktiviert werden, die letztlich die Adaption eines Konzept-Netzwerks an die neue Problemstellung unterstützen.

Die nachfolgende Fallstudie, in Anlehnung an CHiK für die Sekundarstufe I des Gymnasiums konzipiert, zeigt ebenfalls eine Abfolge kontextbasierter Problemsituationen mit variierender Transferdistanz auf, verzichtet allerdings auf einen zusammenhängenden erzählerischen Strang. Neben einem Nachtest begleiten unterschiedlichste Evaluationsinstrumente die Einheit, so z. B. Mind Maps und Lerntagebücher. Die Auswertungen dieser führen allerdings keineswegs zu einem einheitlichen Bild der Beurteilung bezüglich des transferfördernden Potentials. Vielmehr zeigt sich, dass insbesondere leistungsschwächere Jugendliche der

Unterstützung bedürfen, um die notwendige Analogieerkenntnis leisten zu können. Als entscheidend stellt sich hierbei die Reflektion des eigenen Lern- und Erkenntnisprozesses dar, wofür eine unterstützende Methodik zu entwickeln ist. Die Analogieerkenntnis selbst wird durch verschiedene Schlüsselwörter forciert. Hieraus können allgemeine Kriterien für Aufgabenkontexte zur Unterstützung der Transferleistung des Lernenden abgeleitet werden.
Die Ausführungen der Arbeit unterstreichen die Tragfähigkeit des Modells des analogiebegründeten Transfers ebenso wie das situierte Modell vom individuellen Konzept-Netzwerk des Lernenden. Aufgrund des eingeschränkten Untersuchungsumfangs können nur exemplarische Anker diskutiert und Methoden der Reflektion skizziert werden. Der Beitrag der vorliegenden Arbeit ist darin zu sehen, Impulse unterrichtlicher Entwicklung abzuleiten, die sich als transferunterstützend erweisen können.

„Wenn [ein Lehrer] *wirklich weise ist, fordert er euch nicht auf, ins Haus seiner Weisheit einzutreten, sondern führt euch an die Schwelle eures eigenen Geistes. Der Astronom kann euch von seinem Verständnis des Weltraums reden, aber er kann euch nicht sein Verständnis geben. […] Denn die Einsicht eines Menschen verleiht ihre Flügel keinem anderen.“*

(Gibran 2006, S. 57)

Einleitung

Der Erwerb von Wissen, sei es im schulischen oder außerschulischen Umfeld, ist für den Lernenden stets mit dem Ziel der aktiven, kritisch-reflektierenden Teilhabe an der Gesellschaft und somit einer Entwicklung vom „Laien“ zum „Experten“ verbunden. Das erworbene Wissen muss hierzu in vielfältigen Situationen angewandt bzw. transferiert werden[1]. Dies betrachtet u. a. Liedtke als bedeutendes Merkmal menschlicher Kultur (Liedtke 1998, S. 85 ff)[2] und sieht erfolgreiche Transferprozesse, die auf der Kumulation von strukturiertem Wissen beruhen, insbesondere im sog. MINT-Bereich als Grundlage des Fortschritts und Wohlstands in unserer Gesellschaft[3] [4]. In diesem Zusammenhang stellt Liedtke die Rolle der Schule als „institutionalisierte Form der Weitergabe von Wissen“ heraus, wobei der Begriff des „Wissens“ und die darunter zu verstehenden Inhalte vor dem Hintergrund einer sich wandelnden Lebenswirklichkeit stets zu reflektieren sind[5].

Lernzieltheoretisch findet sich der Transfer als eine der fünf Kompetenzstufen eines Bildungszieles wieder (Zenner 2012) auch wenn hier kritisch anzumerken ist, dass der Autor die Wichtigkeit des Transfers und der Problemlösekompetenz der Lernenden vor dem Hintergrund des Allgemeinbildungsgedankens und zugunsten einer höheren Popularität der Naturwissenschaften in seiner Diskussion zurückdrängt (zur Diskussion der Bedeutung der „Allgemeinbildung“ s. auch Schneider, Hasselhorn & Bengel 2008, S. 619 ff.). Die zentrale

[1] Zur Bedeutung des Transfers in der Arbeitswelt s. (Ryschka, Solga & Mattenklott 2011).

[2] In dieser Forschung erfolgt, neben der üblichen Unterscheidung zwischen wörtlicher und sinngemäßer Zitierung, die Zitierung nach den Grundlagen der GDPs 4. Auflage.

[3] s. hierzu auch den einleitenden Artikel „Chemie-Allgemeinbildung und Alltagsbezug“ von Friedrich (Friedrich 2012).

[4] s. dazu auch die Ausführungen zu neuen Bildungskonzepten von 1960, so u. a. Wilhelm, welcher von planmäßigem und ökonomischem Lernen in der Schule spricht (Klein 1991, S. 9 ff).

[5] s. u. a. die Ausführungen von Mutscheller 1958 zur notwendigen Anpassung der Bildungsziele (Klein 1991, S. 78 ff); zudem findet sich eine Definition des Lernbegriffs (insbesondere des kognitiven Lernens) in (Achtergarde, Petermann & Petermann 2006, S. 11 ff.)

Bedeutung der Fähigkeit des Lernenden, Transfer zu leisten, bzw. die Aufgabe der Lehrkraft, diese Kompetenz zu unterstützen, muss als entscheidend für einen erfolgreichen Lernprozess gesehen werden und ist eng mit der Kontextgebundenheit des Erlernten verknüpft. Die Identifikation didaktischer Elemente zur Förderung der Transferkompetenz des Lernenden im unterrichtlichen Geschehen stellt sich somit als kritisch vor dem Hintergrund erfolgreicher Problemlöseprozesse dar.

Jene angesprochene „Kompetenz" soll dazu beitragen *„[...] die Individuen an die Lebensbedingungen, in die sie hineingeboren sind, anzupassen [...]"* wie Schulz es im Rahmen seiner Darlegungen zum „Hamburger Modell" formuliert (Peterßen 1996, S. 139 ff.)[6]. Die Selbstständigkeit des Lernenden in seinem eigenen Problemlöseprozess wird über Fächergrenzen hinweg als entscheidend angesehen und wichtiger als die Fähigkeit zum Erarbeiten abfragbarer Wissenselemente (Otto 1998). Allerdings wies schulisches Lernen in den letzten Jahrzehnten eine dominierende Fokussierung auf den Erwerb abstrakten Wissens und eine Vernachlässigung des Anwendungsaspekts des Gelernten auf, so dass eine Verankerung des Lernstoffes im Alltagswissen nur unzureichend bzw. gar nicht gelang (Konrad 2005). Dies wird zugleich als ein Grundproblem u. a. des schulischen Lernens gesehen, dass nämlich *„die gelernten Inhalte und Fertigkeiten zu wenig auf Situationen außerhalb des Lernkontextes generalisiert werden - es findet also meistens zu wenig Transfer statt."* (Achtergarde, Petermann & Petermann 2006, S. 134 ff.).

Die Anwendbarkeit des Erlernten, die Authentizität und Situiertheit[7] des erworbenen Wissens stellen sich als Kernbegriffe jener Diskussion dar: *„Relative Schwächen werden bei Aufgaben sichtbar, die das selbstständige Anwenden von Gelerntem, die Übertragung in neue Kontexte oder ein flexibles Umstrukturieren von Problemkonstellationen erfordern."* (Gräber, Nentwig, Koballa & Evans 2002, S. 7 ff.).

Schulische Realitäten zeigen die zitierten Schwächen, indem sie eine Transferkompetenz als höchstes Ziel unterrichtlicher Bestrebungen beim Lernenden vielfach vermissen lassen[8], wie auch internationale Vergleichsstudien wie TIMSS (im mathematischen Bereich) und PISA (Deutsches PISA-Kosortium 2001) feststellten [9]. In erstgenannter Studie (Baumert et al. 2000) wurde deutlich herausgestellt, dass ein Verständnis des Stoffes nur geringe Transferleistungen in neuen Problemsituationen bedingt. Ebenjenes angesprochene „Verständnis"

[6] s. hierzu auch die Ausführungen naturwissenschaftlicher Kompetenzentwicklung in (Schneider, Hasselhorn & Bengel 2008)

[7] *„Es kann kein ´invariantes´ Curriculum der Lebensbewältigung geben."* (Lietdke 1998, S. 85 ff.).

[8] Die Relevanz von Transferprozessen in den unterschiedlichsten Bereichen schulischer Realität wird in (Prenzel 2010) dargelegt.

[9] Die Kluft zwischen Wissen und Handeln wird in (Konrad 2005) dargestellt.

provoziert für die Lehrkraft oftmals einen Widerspruch, da vielfach beobachtet werden kann, dass der Fachinhalt in einer Lernsituation vom Lernenden verstanden wurde, ein Transfer aber im Sinne einer Anwendung des fachlichen Konzepts in einer neuen Problemsituation nicht geleistet werden kann.

Offenbar greift der Begriff des „Verständnisses“ zu kurz und es bleibt die Frage nach dem Kern des zahlreich dokumentierten Transferproblems und der Legitimation einer schulischen Lernwelt, die „träges Wissen“ generiert und einen Transfer des Erlernten in Anwendungszusammenhänge nur unzureichend fördert (Konrad 2005). Die u. a. bei Konrad (Konrad 2005) geschilderten Probleme aus dem Schulbereich, des Erwerbs „trägen Wissens“ in unterrichtlichen Prozessen, stellen keineswegs eine Ausnahme, vielmehr den Normalfall dar.

Die zentrale Forschungsfrage der vorliegenden Arbeit fokussiert sich somit auf die Identifikation transferfördernder didaktischer Elemente im unterrichtlichen Lern- und Problemlöseprozess, um anhand dieser kontextbasierte Unterrichtseinheiten zu entwickeln, die die Transferkompetenz des Lernenden unterstützen.

So zeigten Studien, dass die konkrete Unterstützung von Konstruktionsprozessen beim Lernen, insbesondere das Training von Lernstrategien selbst, die Transferfähigkeit der Lernenden zu erhöhen vermag. Beispiele solcher Studien wurden bei Konrad (Konrad 2005) angeführt und nannten das Lehr-Lern-Modell des „Cognitive Apprenticeship“ („Kognitive Meisterlehre“), die Förderung von Lernstrategien als auch die Unterstützung einer selbstbestimmten Motivation. Wohingegen ersteres nachfolgend noch kritisch diskutiert wird, werden die zwei weiteren Aspekte konkrete Umsetzung in der Arbeit erfahren.

Jenes skizzierte, der Literatur entlehnte Bild schulischer Lernwirklichkeit, kann in analoger Weise von Lehrpersonen im Schulalltag eines Gymnasiums beobachtet werden und dies unabhängig von der unterrichteten Lerngruppe oder Klassenstufe. Es ist unverständlich, dass eine offenbar analoge Anwendung des zuvor erarbeiteten fachlichen Konzepts in eine neue Problemsituation von nur wenigen SchülerInnen selbstständig geleistet werden kann. Wird die Lerngruppe auf das anzuwendende Konzept jedoch konkret hingewiesen, so scheint die Anwendung selbst weniger Probleme zu bereiten und vielmehr als Automatismus abgerufen werden zu können. Der Zugang zur Problemstellung scheint für die Lernenden das zentrale Problem zu sein und somit die Aktivierung der entsprechenden Komponenten des fachlichen Konzepts.

Zahlreiche Unterrichtssituationen, verknüpft mit dem eigenen professionellen Anspruch vor dem Hintergrund des Bildungsauftrags und der Bedeutung von Schule, verfehlen die Förde-

rung der Transferkompetenz der Lernenden, so dass sich als zentraler Aspekt der vorliegenden Arbeit die Ausarbeitung konkreter Unterrichtseinheiten zur Förderung der Transferkompetenz der Lernenden in meinen eigenen Unterrichtsfächern (Chemie und Mathematik) ergibt. Ziel der Bestrebungen ist es, Empfehlungen für die Gestaltung von Unterrichtseinheiten zu formulieren, um Transfer selbst in den Fokus unterrichtlicher Bestrebungen zu stellen und dadurch das Transferieren selbst zu erlernen. Letzteres sollte die Lernenden befähigen, in einer immer komplexer werdenden Welt kompetent zu handeln und einen lebenslangen Lernprozess in das eigene Leben aktiv zu integrieren.

Die folgenden Ausführungen zu den dargelegten Fallstudien stellen somit ein echtes Praxisfeld unterrichtlicher Forschung dar, in dem Ansätze aus der Transfertheorie selbst aufgegriffen, konzeptionell in kontextbasierte Unterrichtsformen eingearbeitet und vor dem Hintergrund der zentralen Zielsetzung kritisch reflektiert werden sollen. Dazu wird es zum einen notwendig sein, Erkenntnisse der Transferforschung zu diskutieren und sie mit dem Modellverständnis von Lehrkräften zum Lern- bzw. Transferprozess und ihrem hieraus folgenden unterrichtlichen Habitus zu vergleichen. Zum anderen gilt es auch, Inkohärenzen im Lernprozess hinsichtlich der individuellen Konzept-Netzwerk-Entwicklung beim Lernenden selber zu erkennen und dabei den Fokus auf den Aspekt der inhaltlichen Struktur des übertragenen Fachinhalts zu richten.

Wie bereits angedeutet, sollen den Fallstudien kontextbasiert gestaltete Unterrichtseinheiten zugrunde gelegt werden, die vor allem in den letzten Jahren in der mathematischen als auch naturwissenschaftlichen Fachdidaktik entwickelt wurden. Diese didaktische Ausrichtung stellt sich als Antwort auf die Ansprüche einer zunehmend komplexer werdenden, ausdifferenzierteren Welt dar. Die Ansätze entsprechen dem Bildungsauftrag Allgemeinbildender Schulen zur Befähigung der SchülerInnen zur kompetenten, aktiven, kritischen und verantwortungsvollen Teilhabe an der Gesellschaft[10] [11] [12]. Zugleich sind sie auch als Antwort hinsichtlich der Kritik an den Standards des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts, so z. B. TIMSS (Liedtke 1998) zu sehen (vgl. hierzu auch die „Relevanz-Diskussion“ in (Stuckey, Marks, Mamiok-Naaman, Hofstein & Eilks 2012)). Kernpunkt jener Ansprüche

[10] s. hierzu auch die Ausführungen zur Schulreform in (Klein 1991) sowie die von der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte 1952 veröffentlichten Leitsätze zum Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinbildung (ebd.)

[11] vgl. hierzu auch die Zielsetzung kritisch-kommunikativer Didaktik hinsichtlich des Lehrens und Lernens: *“[…] Erziehung und Bildung* [haben] *ihren Zweck in der Mündigkeit des Subjekts […]“* (Peterßen 1996, S. 164 ff.) und Grundsätze der kritisch-konstruktiven Didaktik Klafkis und seine Vorstellung vom Bildungsziel als „Emanzipation“ sowie seine Definition des „gebildeten Menschen“ (ebd. S. 107 ff)

[12] vgl. (Stuckey, Marks, Mamiok-Naaman, Hofstein & Eilks 2012) mit deutlichen Verweisen auf Klafkis Allgemeinbildungsverständnis sowie Ausführungen zu „chemiebezogener Grundbildung“

ist die geschilderte Transferproblematik. Dieser wollen kontextbasierte Ansätze durch die Betonung der Situiertheit fachlicher Konzepte und der vermeintlichen Nähe aus authentischer Lern- und lebensweltlicher Anwendungssituation begegnen. Eine weiterreichende Flexibilisierung des Konzept-Netzwerks der Lernenden zu größerer Transferdistanz sollte durch eine Phase der Dekontextualisierung im Rahmen der Konzeption „Chemie im Kontext“ geleistet werden, die eine Strukturierung von Fachinhalten zu Basiskonzepten vorsieht. Eben hier scheint eine Lücke zwischen didaktischer Konzeption, aktuellen Ansätzen der Transferforschung als auch den Vorstellungen der Lehrkräfte zu liegen.

So zeigte sich im internationalen Vergleich, dass durch die Repräsentation des Lerninhalts in unterschiedlichen Kontexten „träges Wissen“ zugunsten der Transferkompetenz zurückgedrängt wurde (Konrad 2005). Hierzu scheint eine Orientierung am didaktischen Ansatz von „Mathematik im Kontext“ sinnvoll, der dies durch eine entsprechende Abfolge von Kontexten umsetzt.

Der in (Ryschka, Solga & Mattenklott 2011) formulierte Begriff der „Transfermotivation“ trifft das anzustrebende Ziel sehr gut, indem eine Transferkultur zentraler Bestandteil der unterrichtlichen Bestrebungen wird. Kontextbasierter Unterricht selbst wird dabei nicht nur konstruktivistischen Ansätzen der Lehr-Lerntheorie gerecht. Er betont in besonderer Weise zentrale Aspekte der „Selbstbestimmungstheorie der Motivation“ von Deci und Ryan durch Beachtung der Selbstständigkeit und Autonomie des konstruierenden Lernenden in seinem eigenen Lernprozess[13] [14]. Die „Transfermotivation“ bzw. allgemein die Motivation zum Lernen ist die Grundlage der Informationsverarbeitungsstrategien, die auf emotional-motivationale Stützstrategien angewiesen sind (s. Ausführungen in Konrad 2005). Diese motivationalen Bedingungen des Lernens sollen in einem gesonderten Kapitel eingehender dargestellt werden, wobei diese insbesondere im Hinblick auf die storytelling-Methode und dem Erkennen von Analogien berücksichtigt werden sollen.

Die allgemeine Zielsetzung der unterrichtlichen Ansätze ist der Erwerb eines strukturellen Wissens, welches durch Analogieschlüsse den Zugang zu neuen Wissensbereichen ermöglicht. Der Begriff der „Scientific Literacy“[15] [16], insbesondere durch die PISA-Studie 2006 in

[13] vgl. hierzu auch die Sichtweise der kritisch-kommunikativen Didaktik auf den Lernenden (Peterßen 1996, S. 164 ff.)

[14] vgl. hierzu auch die Rolle des Lernenden sowie insbesondere methodische Entscheidungen in Klafkis kritisch-konstruktiver Didaktik (Peterßen 1996, S. 107 ff.)

[15] Der Begriff der „Scientific Literacy“ vor dem Hintergrund einer Allgemeinbildungsdiskussion findet sich bei Schneider und Hasselhorn (Schneider & Hasselhorn 2008, S. 619 ff.); eine vertiefende Darlegung findet sich bei Gräber (Gräber et al. 2002).

[16] Zur Bedeutung naturwissenschaftlicher (Grund-)Bildung, ihren Charakteristika und Zielen (Definition) s. Labbude und Möller (Labudde & Möller 2012).

Deutschland als „naturwissenschaftliche Grundbildung“ verstanden, verweist auf jenen Ansatz grundlegender Konzepte (Basiskonzepte[17]), die im Rahmen einer Adaption an die Realsituation zu erfolgreichen Problemlösestrategien führen (Lietdke 1998, S. 85 ff.). Eine Adaption durch die Erkenntnis von Analogien scheint ebenjener Prozess zu sein, der sich in der unterrichtlichen Realität als Transferproblem manifestiert. Viele kontextbasierte Ansätze, so auch die didaktische Konzeption von „Chemie im Kontext“, sehen eine definierte Abfolge von Kontexten zu einem fachlichen Konzept und somit zur Analogieerkenntnis des Lernenden nur ansatzweise vor. Es findet vielmehr eine Phase der Dekontextualisierung statt, welche eine Abstraktion des Wissens aus der konkreten Lernsituation und anschließende Anwendung in neuen Problemsituationen beinhaltet, um somit ein „situationsunabhängiges Wissensfundament zu entwickeln“ (Demuth, Gräsel, Parchmann & Ralle 2008). Jener Begriff der „Dekontextualisierung“ bedarf im Rahmen der Arbeit noch eingehenderer kritischer Reflektion (Hendricks, Koch-Priewe, Schmitt & Stübig 1997) sowie (Rossa & Anton 2005, S. 75 ff; zusammenfassende Betrachtungen auch zur Veränderung des Chemieunterrichts). So stellt sich die Frage, in welcher Weise sich die individuell von den Lernenden erarbeiteten Konzeptnetzwerke zu den übergeordnet verallgemeinerten Konzepten in dieser Phase verhalten.

Die mögliche Diskrepanz wird im Rahmen der Interviewstudie noch eingehender herauszustellen sein und die „Lücke“ zwischen didaktischer Konzeption, Transferforschung und dem Unterrichtsprozess zugrunde liegender Vorstellungen der Lehrenden argumentativ zu schließen sein. Die nachfolgende Abbildung stellt ebenjene Perspektiven bezüglich des Transferverständnisses heraus und skizziert die angestrebte Art der Studien.

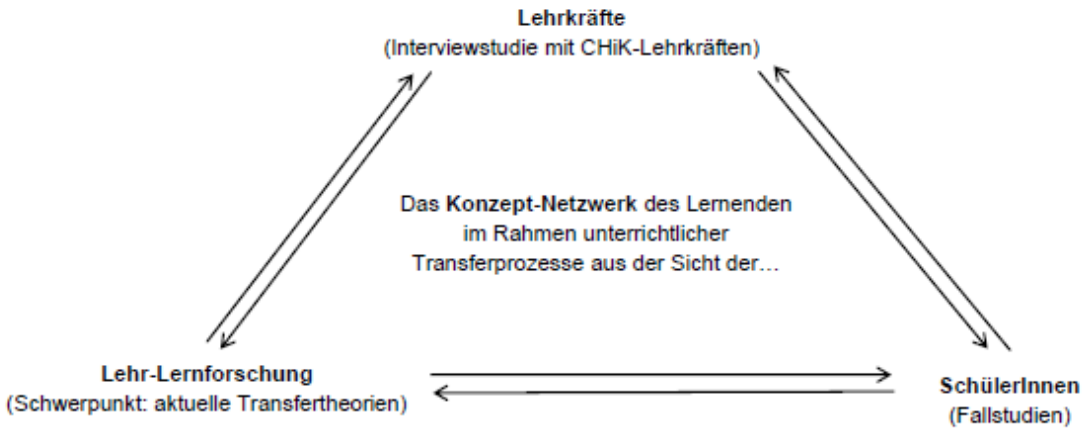


Abbildung 1: Perspektiven bezüglich des Verständnisses von Transferprozessen

[17] *„Ein elementares chemisches Grundverständnis lässt sich auf die Beherrschung einer eng begrenzten Zahl von Prinzipien zurückführen […]* [die] *„Basiskonzepte“.“* (Barke 2006, S. 21 ff.)

In der Betrachtung der drei argumentativen Perspektiven aus den theoretischen Grundlagen bezüglich „guten Unterrichts“[18] und insbesondere aktueller Aussagen der Transferforschung, den Modellvorstellungen vom Lernprozess der Lehrkräfte und der daraus folgenden kritisch-reflektierenden, als auch konzeptionellen Umgestaltung didaktischer Konzeptionen, ergibt sich ein besonderer Fokus hinsichtlich des Konzept-Netzwerks des Lernenden. Es ist ein tragfähiges Modell zu erarbeiten, welches Kohärenz mit allen drei Perspektiven aufweist. Dieses sollte dann in den unterrichtlichen Prozess selbst implementiert werden, indem es die Grundlage zu konzipierender Unterrichtseinheiten im Rahmen der Fallstudien darstellt, um darauf aufbauend transferunterstützende Prozesse begründet einzuleiten und kritisch im Rahmen der Fallstudien zu evaluieren.

Hinsichtlich der Merkmale guten Unterrichts gibt es zahlreiche Unterrichtsversuche, die den Einfluss der verschiedensten Aspekte eingehend untersuchten (Labudde & Möller 2012). Ein solch großer, umfänglicher Stichprobenumfang kann in der vorliegenden Arbeit nicht geleistet werden. Vielmehr sollen exemplarische Unterrichtserprobungen konzipierter Einheiten und nachfolgende Evaluationen bezüglich der zentralen Forschungsfrage eine erste qualitative Beurteilung der jeweiligen Konzeptionen selbst hinsichtlich ihres transferfördernden Potentials ermöglichen.

Die bereits angesprochene Betrachtung des sich im unterrichtlichen Prozess entwickelnden bzw. erweiternden Konzept-Netzwerks der Lernenden stellt sich als zentraler Aspekt einer Transferdiskussion und des Verständnisses der Transferproblematik dar. Sowohl der Lehrende als auch der Lernende sollten Einblick in die Entwicklung dieser individuellen Struktur nehmen können, um die unterrichtliche Ausgestaltung als auch den eigenen kognitiven Prozess kritisch zu reflektieren. Die Beobachtung des eigenen kognitiven Handelns und angewandter Problemlösestrategien unterstützt das Erkennen analoger Problemsituationen und somit den Transferprozess (Konrad 2005). Als zentrale Methodik soll in den Unterrichtskonzeptionen u. a. das Lerntagebuch eingesetzt werden, welches zusammen mit einem den Unterrichtsfortschritt abbildenden Konzept-Netzwerk eine kritische Reflektion des Kontextes unterstützen sollte. Insbesondere sollten Verknüpfungen zwischen neuen Inhalten und dem Vorwissen des Lernenden zu Ordnungsbeziehungen des Lerninhalts führen und somit zu bereits angesprochenen Basiskonzepten.

[18] Merkmale „guten Unterrichts“ wie die Berücksichtigung des Vorwissens der Lernenden, der Beachtung der „conceptual-change“-Theorie, die Förderung der Selbsttätigkeit der Lernenden in authentischen Kontexten, Formen offenen Unterrichts, die Anwendung des Erlernten als auch die Strukturierung erarbeiteter fachlicher Konzepte werden in (Labudde & Möller 2012) dargelegt.

Wie bereits Fichtner (Lietdke 1998, S. 191 ff.) feststellt, erfordern *„echte Probleme […] mehr als einen „Münzautomat“ an methodischen Regeln zur Lösung“*[19]. Das erste Kapitel 1.1 der vorliegenden Arbeit widmet sich einführend jenen angesprochenen Grundlagen des Lehrens und Lernens[20] in kontextbasierten Lernumgebungen, so explizit der Motivationstheorie von Deci und Ryan und dem kognitiv-konstruktivistischen Modell des Lernens und somit der Situiertheit von Lernprozessen. Die Ausführungen liefern damit die Legitimation der analysierten didaktischen Konzeptionen und die in den Fallstudien aufgegriffene Kontextbasierung der Unterrichtseinheiten. Das sich hieran anschließende Kapitel zum Begriff des Lerntransfers schärft die Zielsetzung und den Fokus nachfolgender Untersuchungen aus, indem es das Verständnis von der Begrifflichkeit für die nachfolgenden Betrachtungen herausstellt. Die theoretischen Reflektionen zu den zentralen Aspekten guten Unterrichts, insbesondere die diskutierten Transfertheorien bilden die Argumentationsgrundlage zur kritischen Reflektion und Bewertung sich anschließender Studien. Zudem bilden jene abgeleiteten Kriterien erfolgreichen Transfers die Grundlage zur Auswertung der Lehrerinterviews zum Verständnis des Transferproblems in der Praxis.

Um die Transferproblematik im kontextbasierten Unterricht genau zu erfassen, werden zunächst drei kontextbasierte Konzeptionen aus den Fachbereichen Chemie (CHiK), Physik (PLON) und Mathematik[21] (MIC) unter dem Fokus des zugrunde liegenden Verständnisses von Transferprozessen und deren Förderung analysiert[22]. Dazu können im Rahmen der jeweiligen Analyse neben Unterrichtsmaterialien auch Interviews mit Didaktikern der Konzeption herangezogen werden, um zum einen die Transferproblematik selbst zu formulieren, zum anderen das der Konzeption zugrunde liegende Verständnis vom Lehr-Lernprozess und somit der individuellen Konzeptentwicklung des Lernenden. Der untersuchte mathematikdidaktische Ansatz von MIC stellt sich in seiner kontextbasierten Konzeption als grundlegend neu auf der Basis der angestrebten Konzept-Netzwerk Entwicklung des Lernenden dar und dient als Impulsgeber für die konzeptionelle Gestaltung der Fallstudien. Während die beiden Naturwissenschaften Physik und Chemie sich hinsichtlich der didaktischen Konzeptionen sicherlich eher der Vergleichbarkeit anbieten aufgrund ihrer fachimmanenten Er-

19 s. auch die „Forderungen zur Verbesserung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts“ (Klein 1991, S. 169) aus den achtziger Jahren

20 Zur Begriffsbestimmung des „Lernens“ vgl. die Ausführungen von H. Gruber in (Schneider & Hasselhorn 2008, S. 95 ff.).

21 Zugrunde liegendes Verständnis von mathematischer Kompetenz (Schwerpunkt „mathematische Modellierung“) (Schneider & Hasselhorn 2008, S. 597 ff.).

22 Eine ausführliche Darlegung des didaktischen Ansatzes von „Chemie im Kontext“ sowie seiner Implementierung findet sich in (Demuth et al. 2008, Kapitel 1).

kenntnisprozesse, mag ein Einblick in die Mathematikdidaktik zunächst fragwürdig erscheinen. Doch ebendieser didaktische Ansatz kann wichtige Impulse für die kontextbasierten Konzeptionen in den Naturwissenschaften gerade durch jene Divergenz in den fachimmanenten Denk – und Problemlösestrategien liefern.

Methodisch wird zur Analyse der didaktischen Konzeptionen eine breite Datengrundlage verwandt, die auch eine unter der Forschungsfrage fokussierte Betrachtung von Unterrichtseinheiten und Interviews mit den jeweiligen Entwicklern der Konzeptionen und Einheiten vorsieht. Angemerkt sei, dass das Kapitel 1.2.2.1 eine exemplarische, für die Grundschule entwickelte Einheit nach dem MIC-Modell beinhaltet, um so einen vertiefenden Einblick in eine konzeptionell abweichende didaktische Denkstruktur zu erlangen[23]. Auch zeigt sich beim MIC-Ansatz im Gegensatz zu den beiden kontextbasierten naturwissenschaftlichen Didaktiken keine explizite Phase der Dekontextualisierung, deren Bedeutung im Erwerb prozeduralen, kontextunabhängigen Wissens gesehen wird, welches als Grundlage eines erfolgreichen Transferprozesses verstanden wird (Schneider & Hasselhorn 2008, S. 95 ff.). Da es keine einheitliche Theorie gibt, die das zu Stande kommen von Transferprozessen zu erklären vermag (Schneider & Hasselhorn 2008, S. 381 ff.) ist die vorliegende Arbeit ein Versuch ein Verständnis von jenen Prozessen durch Analyse unterrichtlicher Strukturen und Lernprozesse zu erhalten.

Dazu trägt in besonderer Weise auch die Interviewstudie mit Lehrkräften des didaktischen Ansatzes von CHiK bei (Kapitel 2). Methodisch zielt der Interviewleitfaden auf zwei Ebenen der Untersuchung ab. Dies ist zum einen die Darlegung der didaktischen Konzeption durch die Lehrkräfte, wodurch Abweichungen zum Kapitel 1.2.2.3 herausgestellt und Schwerpunktsetzungen in der unterrichtlichen Praxis gedeutet werden können. Zum anderen können hieran, als auch im formulierten Verständnis der Lehrkräfte von Transferprozessen der Lernenden und ihrem grundlegenden Verständnis des Lernprozesses, Schlussfolgerungen zur Kohärenz und Effektivität der unterrichtlichen Maßnahmen gezogen werden, die gemeinsam mit dem Kapitel eins Ansätze für das dritte Kapitel im Sinne der Fallstudien liefern. So findet sich im dritten Kapitel die Umsetzung der in den Kapiteln eins und zwei erarbeiteten Herausforderungen und Ansätze, wobei methodisch, wie bereits angedeutet, schülerzentrierte Unterrichtsformen allein schon durch die didaktischen Ansätze zur Kontextbasierung gewählt wurden, da diese (u. a. in Winkel et al. 2008, S. 256 ff.) als Möglichkeiten zur Förderung der Transferfähigkeit der Lernenden angesprochen werden.

[23] s. hierzu auch (Schneider & Hasselhorn 2008, S. 597 ff.) zur horizontalen und vertikalen Mathematisierung

Der didaktische Ansatz von MIC wird anhand einer eingehenderen Darstellung und Reflektion einer exemplarischen Unterrichtseinheit in der Sekundarstufe I insbesondere vor dem Hintergrund einer methodischen Diskussion vorgestellt und auf eine Staatsexamensarbeit zum transferfördernden Potentials dieses Ansatzes in einer fünften Klassenstufe verwiesen, welche zudem den storytelling-Ansatz aufgreift. Die Erkenntnisse werden auf den Ansatz ProChem für die Primarstufe – einem Ansatz zur naturwissenschaftlichen Frühförderung in Anlehnung an das Projekt Chemol an der Universität Oldenburg – übertragen[24].

Die Konzeption von ProChem (entsprechend dem storytelling-Ansatz) weist analoge didaktische Strukturen zum Unterrichtsansatz von MIC auf und überträgt diese auf chemische Fachinhalte, wobei eine entsprechende Definition von Abstraktionsniveaus versucht wird. Die Evaluation dieser Konzeption erfolgt anhand von Vor- und Nachtests, wobei insbesondere bei den Vortests die Präkonzepte der Lernenden deutlich werden sollten (Barke 2006, S. 21 ff.) und deren anschließende Entwicklung im Rahmen der Einheit (Nachtest). Die Untersuchung fokussiert sich auf das Verankern in die kognitive Struktur des Lernenden, damit keine „Kompartements“ alter und neuer Vorstellungen unverbunden nebeneinander vorliegen, sondern sich vielmehr im Sinne des Konstruktivismus individuelle, erweiterte kognitive Strukturen nachweisen lassen (Barke 2006). Die Strukturiertheit des Wissens, verbunden mit der Frage nach seiner Verfügbarkeit im Sinne einer Handlungskompetenz des Lernenden stellt sich hier als Fokus der Untersuchungen dar.

In der nachfolgenden Fallstudie wird auf den storytelling-Ansatz im Sinne einer zusammenhängenden Geschichte aufgrund des Alters der Lernenden verzichtet (Sekundarstufe I) und der Ansatz von CHiK aufgegriffen. Dabei wird eine Komprimierung der vierphasigen Unterrichtskonzeption zugunsten einer definierten Abfolge der Kontexte deutlich, wie sie bereits in den vorangegangenen Fallstudien umgesetzt wurde und einer konkreten Definition der Abstraktionsniveaus des Fachinhalts bedarf. Neben Lernzielkontrollen, feedback-Methoden und Lerntagebüchern, werden hier auch offenere Methoden zur Beurteilung des Lernprozesses eingesetzt, die an der Stelle noch eingehender dargestellt werden.

Kritisch angemerkt sei, dass es sich bei den Beobachtungen aus den Fallstudien lediglich um exemplarische Evaluationsergebnisse handelt und der Stichprobenumfang in jedem Falle als stark begrenzt angesehen werden muss. Weiterreichende Schlussfolgerungen bedürfen sicherlich weiterer unterrichtlicher Erprobungen, was allerdings aus schulorganisatorischen

[24] Anmerkung: Die genaue didaktische Darlegung des Unterrichtsansatzes als auch begründete Darstellungen zur Methodik der Evaluation erfolgen jeweils zu den einzelnen Fallstudien in den entsprechenden Kapiteln.

Gründen nicht mehr im Rahmen dieser Arbeit möglich war und sich im Ausblick wiederfindet.

1 Reflektion zentraler Aussagen der Transferforschung vor dem Hintergrund der lehr-lerntheoretischen Betrachtung von kontextbasierten Unterrichtseinheiten

Das nachfolgende Kapitel 1 soll sich zunächst dem theoretischen Fundament der in Kapitel 3 entwickelten und erprobten exemplarischen, kontextbasierten Unterrichtseinheiten widmen. Die Basis jener den Fallstudien zugrunde liegenden didaktischen Konzeptionen werden dargelegt, so lehr-lerntheoretische Überlegungen hinsichtlich konstruktivistischer Ansätze als Grundlage des Verständnisses vom Lehren und Lernen, als auch motivationale Aspekte im unterrichtlichen Geschehen als unabdingbares Element erfolgreicher Lernprozesse und somit der Fähigkeit Transfer zu leisten.

Den Fokus vor dem Hintergrund des Schwerpunkts der Arbeit bildet das Kapitel zu Vorstellungen und Modellen bezüglich des Transferbegriffs, wobei die Entwicklung von Transfertheorien aufgezeigt werden soll und unterschiedlichste Ansätze der Transferförderung vor dem Hintergrund schulischer Wirklichkeit zu diskutieren sein werden. Die sich hieraus ergebenden Forderungen zur Gestaltung des Lernprozesses im Sinne einer Unterstützung der Transferkompetenz der Lernenden bilden die Legitimation der entwickelten Unterrichtseinheiten im Rahmen der Fallstudien. Zugleich sind diese theoretischen Grundlagen aber auch Basis der Evaluation der Fallstudien.

Jene zentralen, der Theorie entlehnten Aspekte zur Unterstützung erfolgreicher Transferprozesse, als auch die dargelegten Modellvorstellungen zum Lern- bzw. zum Transferprozess selbst und die Differenzierung des Transferbegriffs, sind notwendig für die kritische Reflektion der Aussagen der CHiK-Lehrkräfte im Rahmen der Interviewstudie im zweiten Kapitel der Arbeit. Gegebenenfalls vorliegende Diskrepanzen zwischen den theoretischen Ansätzen und den Modellvorstellungen vom Lern- bzw. Transferprozess der Lehrenden könnten als ursächlich für die mangelnde Transferkompetenz der Lernenden gesehen werden.

Die den Fallstudien zugrunde liegenden, teilweise strukturell abgewandelten didaktischen Konzeptionen „Chemie im Kontext“ (CHiK) und „Mathematik im Kontext“ (MIC) werden ebenfalls im ersten Kapitel unter dem Fokus der Forschungsfrage betrachtet. Die Darstellung ihrer jeweiligen didaktischen Struktur fokussiert auf transferimmanente Elemente und strebt eine kritische Diskussion des transferfördernden Potentials vor dem Hintergrund jener zentralen Aussagen der Theorie an.

Die ebenfalls dargelegte Studie zum kontextbasierten Physikunterricht aus den Niederlanden (PLON) wagt einen Blick in die Anfänge kontextbasierten Unterrichts. Ebenso wie die beiden zuvor genannten didaktischen Konzeptionen soll im Rahmen der vorliegenden Studien

die Struktur der Konzeption skizziert werden und auch das zugrundeliegende Verständnis vom Lehr-Lernprozess. Probleme und Schwierigkeiten bezüglich einer Problemlöse- und Transferkompetenz der Lernenden sollen identifiziert werden, um daraus abgeleitet das der Konzeption zugrunde liegende Verständnis vom Transferprozess zu formulieren.

1.1 Lehren und Lernen

1.1.1 Prämissen eines guten Unterrichts

Der Bildungsauftrag von Schule ist die Unterstützung des Lernenden in seiner Entwicklung zu einem mündigen, autonomen und verantwortungsvoll handelnden Mitglied in einer zunehmend komplexeren Gesellschaft (vgl. hierzu auch Empfehlungen für den Unterricht im Fach Chemie 2003). Naturwissenschaftliche Kompetenz stellt in diesem Zusammenhang einen wichtigen, unverzichtbaren Aspekt von Allgemeinbildung dar und sollte flexibel in lebensnahen Situationen eingesetzt werden können und zur kritischen Teilhabe an einer immer komplexer werdenden Welt qualifizieren (siehe hierzu auch die Aussagen zur naturwissenschaftlichen Grundbildung in (Deutsches PISA-Konsortium 2001)).

Autonomie und Selbstbestimmung im Zusammenhang mit Verantwortung für das eigene Handeln und die Gesellschaft kann aber nur gelingen, wenn der Heranwachsende über zentrale fachliche Konzepte (s. hierzu auch den Begriff der „Scientific Literacy“ u. a. in Parchmann & Menthe 2004) unterschiedlichster Schwerpunkte als Grundlage seines Handelns verfügt. Diese Konzepte sind zu erlernen und kritisch und kompetent in neuen Problemstellungen anzuwenden, da Schule - insbesondere in der heutigen pluralisierten Welt - es kaum leisten kann, den Lernenden auf alle möglicherweise auftretenden Problemstellungen vorzubereiten.

Die zentrale Aufgabe von Schule sollte demnach im „Lernen lernen“ gesehen werden (Reich 2002), also in der Vorbereitung auf einen lebenslangen Lernprozess, welcher das individuelle Konzept-Netzwerk des Wissens stetig erweitert bzw. revidiert, um erfolgreich neue Problemsituationen zu bewältigen. Dabei kommt dem Transfer eine zentrale Rolle zu. Nur erfolgreicher Transfer befähigt den Lernenden zum Handeln und somit zur aktiven Teilhabe in der Gesellschaft, jedoch attestierten internationale Vergleichsstudien wie TIMSS (Baumert et al. 2000) und PISA (Deutsches PISA-Konsortium 2001) nicht zufriedenstellende Lernergebnisse deutscher SchülerInnen und bescheinigten diesen „träges“, zur Lösung unbekannter Problemstellungen kaum abrufbares, flexibles Wissen. Für die bestehende Unterrichtskultur, deren Kern die Vermittlung fachwissenschaftlicher Inhalte vorsieht, ergibt sich

somit die Notwendigkeit zur Öffnung im Hinblick auf eine stärkere Berücksichtigung der Handlungsdimension.

So scheint als empirisch hinreichend gesichert, dass es den Lernenden oft schwerfällt, *„im Unterricht erworbenes deklaratives und prozedurales Wissen auf ähnliche Aufgabenstellungen desselben Inhaltsbereichs anzuwenden - ganz zu schweigen von ihrer unzureichenden Fähigkeit, Probleme des Alltagslebens unter Zuhilfenahme des in der Schule Gelernten zu lösen"* (Seel 2000, S.305-306). Vergleicht man dies mit dem zuvor ausgeführten Bildungsauftrag und Selbstverständnis von Schule wird deutlich, von welch großer Relevanz das Verständnis von Transferprozessen als auch die Unterstützung von Transferleistungen im unterrichtlichen Prozess sind und die Notwendigkeit von Seiten der Lehrenden sich hiermit auseinanderzusetzen (vgl. auch Seel 2000). Im Rahmen eines solchen Prozesses kann unterschieden werden zwischen der Übertragung von Wissen und Fertigkeiten auf neue Problemstellungen und der Anwendung dieser um Probleme zu lösen (Seel 2000).

Nachfolgend soll im Bereich der Unterrichtserprobungen hierzu keine differenzierende Betrachtung stattfinden, da beide Aspekte vom Begriff des Transfers in der Schule umspannt werden und der Fokus auf die erfolgreiche Unterstützung der Transferleistungen abzielt, deren zentrale Bedeutung bereits Anfang des zwanzigsten Jahrhunderts von Thorndike und anderen Assoziationspsychologen betont wurde. Assoziationspsychologen gehen davon aus, dass jener Transferprozess – das Profitieren von vorherigen Erfahrungen in neuen Problemsituationen – umso besser gelingt, je mehr sich die Reiz-Reaktions-Verbindungen von alter und neuer Situation überschneiden. Demgegenüber finden sich die Gestaltpsychologen wie Wertheimer, die einen erfolgreichen Transferprozess in Abhängigkeit von einer tiefen „strukturellen Beziehung" zwischen den Aufgaben sehen, um durch Anwendung derselben Lösungsstrategie gelöst werden zu können (Seel 2000).

Jene Ansätze durchziehen noch heute die Diskussion zum Verständnis von Transferprozessen und werden im Folgenden noch eingehender zu diskutieren sein. So rufen bestimmte Impulse in Problemstellungen die Assoziation hinsichtlich zuvor erfolgreich gelöster Aufgabenstellungen hervor, wobei angemerkt sei, dass trotz struktureller Ähnlichkeiten der Transferprozess stets auch des flexiblen Umgangs mit dem vorhandenen Konzept-Netzwerk bedarf, wodurch von „derselben Lösungsstrategie" nur ansatzweise gesprochen werden kann. Als Beispiel sei hier die Benutzung von Computern genannt, in deren Zusammenhang festzustellen ist, dass der Nutzer dann kompetent mit einem neuen System zu arbeiten vermag, wenn er Parallelen zu vorangegangenen Systemoberflächen erkennt. Auf eben jener

Grundlage erfolgreichen Transfers wird in den nachfolgenden Kapiteln noch näher einzugehen sein. „Lernen“ entsprechend der klassischen Definition von Bower und Hilgard stellt sich als *„die Veränderung im Verhalten eines Organismus […] in einer bestimmten Situation* [dar], *die auf wiederholte Erfahrungen des Organismus in dieser Situation zurückgeht […]“* (Gudjons 2003, S. 213). Lernen ist somit eng verknüpft mit den Begriffen „Situation“ und „Erfahrung“. Lernen als situierter Prozess unter aktiver Teilhabe des Lernenden soll dabei im folgenden Kapitel Konkretisierung erfahren und in der Anlage der exemplarischen Unterrichtseinheiten Beachtung finden.

Wie bereits mehrfach hervorgehoben, sollen die nachfolgenden Untersuchungen und Evaluationen auf der Basis kontextbasierter Unterrichtskonzeptionen der Mathematik und Naturwissenschaften erfolgen, welche die zu erarbeitenden fachwissenschaftlichen Inhalte in sinnstiftende Zusammenhänge mit dem Ziel stellen, ein strukturiertes Wissen zu erlangen, welches sowohl den Anforderungen nach einer vertikalen als auch horizontalen Verknüpfung gerecht wird (vgl. hierzu insbesondere Nolting & Paulus 2004). Die kontextuelle Einbettung fachlicher Inhalte wird der lerntheoretischen Sichtweise der Situierung von Wissen und Lernen gerecht („Situated Learning“) (vgl. Harting & Fölling-Albers 2002, Kapitel 4). Der Kontext stellt sich, abgeleitet von den Forderungen Mandls (Gerstenmaier & Mandl 1995) an die Gestaltung von Lernumgebungen, durch seine offene Anlage als komplexes Ausgangsproblem mit vielfältigen Perspektiven dar und überzeugt durch seine Authentizität und Situiertheit (zur konkreten Umsetzung dieser Prämissen s. Kapitel drei). Der angesprochene Aspekt der Situiertheit verweist auf den lerntheoretischen Konstruktivismus, welcher in seiner Genese als auch in seiner Bedeutung für die heutige Unterrichtspraxis im folgenden Kapitel näher betrachtet wird. Er stellt jenen Konstruktionsprozess des Individuums, aus Erfahrungen Begriffe und Regeln zu bilden, in den Mittelpunkt der Betrachtungen.

Ein sich hieraus ableitendes Bild des aktiven Lerners wird durch die angesprochene anzustrebende Authentizität der Kontexte noch unterstrichen und insbesondere durch die Motivationstheorie von Deci und Ryan (s. hierzu u. a. Deci & Ryan 1985) eingefordert. Mandls Äußerung: *„Lernen ist daher zunehmende Teilhabe an einer „Expertengemeinschaft“. Situiertes Wissen wird unter dem Anwendungsaspekt und damit unter dem Gesichtspunkt seiner Authentizität analysiert.“* (s. Demuth, Parchmann, Gräsel & Ralle (Hrsg.) 2008, S. 14) betont erneut den Begriff der Authentizität einhergehend mit dem Aspekt der Anwendung. Das hiermit eng verknüpfte Stichwort „Relevanz“ fördert entsprechend der zentralen Aussagen der „Selbstbestimmungstheorie der Motivation“ nach Deci und Ryan (s. hierzu u. a. Deci &

Ryan 1993) die Motivation der Lernenden (vgl. hierzu auch Prenzels Kriterium der „inhaltlichen Relevanz“ zur Förderung der Lernmotivation (Prenzel 1995 sowie Prenzel et al. 1998)).

Deci und Ryan, auf die sich Prenzel stützt, formulieren im Sinne ihrer „Selbstbestimmungstheorie“ die drei folgenden Grundbedürfnisse als grundlegend für die Entstehung und Aufrechterhaltung von intrinsischer Motivation in einer konkreten Lernsituation: Autonomie oder Selbstbestimmung, Kompetenz oder Wirksamkeit sowie soziale Eingebundenheit, d. h. das Bedürfnis, von anderen akzeptiert und einbezogen zu werden (vgl. Prenzel 1995 sowie Deci & Ryan 1993 und Nolting & Paulus 2004, S. 22 f.). Insbesondere die didaktische Konzeption „Chemie im Kontext“ berücksichtigt jenes Kriterium der Autonomieunterstützung der Lernenden im Lernprozess, da diese im Rahmen der offenen Anlage des Kontextes zur selbstständigen Auseinandersetzung angehalten werden.

Jener Begriff der Autonomie spannt den Bogen zurück zu den einleitenden Aussagen zum Bildungsauftrag von Schule. Ein erfolgreicher Lernprozess soll zur autonomen Teilhabe an der Gesellschaft sowie zur kompetenten Auseinandersetzung mit und individueller Entscheidungsfindung in gesellschaftlich relevanten Fragestellungen führen. In einem diesen Prämissen folgenden kontextbasierten Unterricht kann sich der Lernende als kompetent und autonom erleben, wodurch die Lernmotivation gefördert wird (Gudjons 2003).

Jene Motivation stellt das „energetische Potential“ („gerichtetes Antriebspotential“ vgl. Winnefeld in (Ahlborn 1975)) des Lernprozesses dar, welcher so verstanden werden kann, als dass ein Widerstand, ein kognitiver Konflikt, vom Individuum überwunden werden muss, wozu Vorauffassungen und bestehende kognitive Strukturen des Lernenden umstrukturiert, ergänzt oder gar ersetzt werden müssen (vgl. hierzu auch Winnefeld in (Ahlborn 1975)). Dem Punkt der Vorauffassungen und des bestehenden Wissens des Lernenden wird auch im Rahmen einer hier zugrunde liegenden konstruktivistischen Sichtweise des Lernprozesses besondere Beachtung geschenkt. Wie bereits erwähnt, kann das Lernen als die aktive Konstruktion von Wissen durch den Lernenden aufgefasst werden und ist somit von hoher Individualität und Eigenverantwortlichkeit geprägt. Im Umkehrschluss resultiert daraus ein verändertes Bild vom Lehrenden als Moderator und Initiator des Lernprozesses durch entsprechend gestaltete Lernumgebungen.

Lernen als Prozess in dem vorhandenes Wissen aufgrund neuer Erfahrungen verändert oder neu konstruiert wird, impliziert sodann die Voraussetzungsgebundenheit (vgl. Gudjons 2003). Neue Inhalte und Erfahrungen als zu erlernendes Wissen werden zunächst in bereits vorhandene kognitive Strukturen einzugliedern versucht. Ist dies aber nicht möglich und eine

minimale Änderung der kognitiven Struktur vor dem Hintergrund eines kognitiven Konflikts nicht ausreichend, so müssen bestehende kognitive Strukturen durch neue, tragfähigere Konzepte ersetzt werden.

1.1.2 Die Motivation zum Lernen – Erkenntnisse aus der Lehr-Lern-Forschung

Flexible kognitive Strukturen als Grundlage kompetenten Handelns in neuen Problemsituationen und damit erfolgreicher Transfer bedürfen der Motivation des Lernenden in seinem eigenen Lernprozess (Deci & Ryan 1985). Bedingungsfaktoren unterrichtlicher Entscheidungen zur Förderung der Motivation des Lernenden sollen darum im nachfolgenden Kapitel explizit behandelt werden. Sie geben zudem eine weitere Begründung für die Fokussierung der Forschungsfrage im Rahmen der Evaluation kontextbasierter Lernumgebungen.

"*Motivation* [ist die] *Gesamtheit der in einer Handlung wirksamen Motive.*" (Brockhaus 1989, Band 12, S. 221) und stellt einen zentralen Bedingungsfaktor des Lernens dar. Lernen als aktiver (Konstruktions-)Prozess des lernenden „Laien" setzt Motivation voraus, welche auch Ausubel als unabdingbare Grundvoraussetzung einer stetigen Art des Lernens ansieht (Ausubel 1981). Über Lernen, als aktive Tätigkeit des Lernenden, vermag dieser Wissen und Kompetenz aufzubauen, welches als in der obigen lexikalischen Definition der Motivation genanntes Motiv gesehen werden kann.

Diese grundlegende Bedeutung der Motivation im Lernprozess unterstreicht auch der Psychologe Prenzel (Prenzel et al. 1998). Prenzel versteht hierbei den Lernprozess als einen Prozess, welcher ausgelöst, angetrieben, aufrechterhalten und gesteuert wird, woraus die Bedeutung der Motivation für das Lernen resultiert (Prenzel et al. 1998 und Prenzel 1995). Ausubel sieht zudem Motivation ebenso sehr als einen Effekt wie auch als eine Ursache des Lernens an. Zur Erhöhung der Motivation im Schulunterricht sieht Ausubel u. a. vor Interessen und Motivationen auszunutzen, intellektuelle Neugier zu erwecken und Aufgaben entsprechend der Fähigkeit der SchülerInnen so zu stellen, dass deren Ziel klar umrissen ist (Ausubel 1981).

Prenzels Auseinandersetzung mit dem Begriff der „Motivation" fußt auf den Ausführungen Deci und Ryans im Rahmen der „Selbstbestimmungstheorie der Motivation", welche nachfolgend zunächst skizziert werden soll.

Die Theorie der Selbstbestimmung wurde Ende der achtziger Jahre an der University of Rochester von Deci und Ryan entwickelt. Es stützt sich auf ein Konzept der Intentionalität, so dass Motivation im zielgerichteten Verhalten, einer zweckbestimmten Intention hinsichtlich

eines zukünftigen Zustands, welche eine unmittelbar befriedigende Erfahrung oder ein längerfristiges Handlungsergebnis meint, gesehen wird (Deci 1985). Die Selbstbestimmungstheorie postuliert unterschiedliche qualitative Ausprägungen des motivierten Handelns, welche insbesondere nach dem Grad an Selbstbestimmung bzw. nach dem Ausmaß ihrer Kontrolliertheit unterschieden werden (Deci & Ryan 1993). Empirische Befunde zeigten, dass eine auf Selbstbestimmung beruhende Lernmotivation positive Wirkungen auf die Qualität des Lernens hat und somit auf die Fähigkeit der Lernenden Transfer zu leisten (Deci & Ryan 1985). Prenzel betont ebenso den Zusammenhang zwischen der Qualität des Lernens und jener der Lernmotivation, welche vom Lernenden nicht mitgebracht wird bzw. werden kann, sondern vielmehr in der aktuellen Lernsituation entsteht (Prenzel 1995).

Lernmotivation löst die persönlichen Lerntätigkeiten aus und treibt sie an, wobei Lernmotivation von der aktuellen Situation sowie dem Vorwissen bzw. den Vorerfahrungen des Lernenden abhängig ist. Zu ebenjenen individuellen Bedingungsfaktoren des Lernenden gehören auch dessen psychologische Bedürfnisse, wozu neben grundlegenden Bedürfnissen der Sicherung und Erhaltung des eigenen Lebens zudem die folgenden, von Deci und Ryan postulierten universellen Bedürfnisse gehören (Prenzel 1995 sowie Deci & Ryan 1993):

- *Kompetenzerleben*, das Bedürfnis Ungewissheit zu reduzieren
- *Autonomieerleben*, das Bedürfnis nach Selbstbestimmung
- *Soziale Eingebundenheit*, das Bedürfnis von anderen akzeptiert und einbezogen zu werden

Hieran wird die zentrale Bedeutung der sozialen Umwelt zur Entstehung selbstbestimmter (intrinsischer) Motivation deutlich, die durch Berücksichtigung bzw. Unterstützung dieser Bedürfnisse des in die Lernumgebung eintretenden Lernenden positiv auf dessen Motivation wirken kann. Deci und Ryan beschreiben hierzu eine Lernumgebung, welche neben einem optimalen Anforderungsniveau vor allem durch die Autonomie der Lernenden geprägt ist und somit nachfolgendem Zitat gerecht wird: *„The desire to explore, discover, understand, and know is intrinsic to people´s nature and is a potentially central motivator of the educational process.“* (Deci & Ryan 1985). Im Hinblick auf eine stetige Auseinandersetzung des Individuums mit seiner sozialen Umwelt spielen neben den genannten psychologischen Bedürfnissen vor allem grundlegende Fähigkeiten und Interessen des Individuums eine wichtige Rolle (Deci & Ryan 1993).

Ob und in welcher Form die lernende Person Motivation entwickelt, ist so abhängig davon, welche individuelle Bedeutung dem Lernen in dieser Situation zugeschrieben wird, wobei Bedeutung und Sinn des Lerninhalts durch die lernende Person selbst konstruiert wird und

sich somit als Teil des aktiven Konstruktionsprozesses des Lernens darstellt. Bedeutung kann der Lerninhalt dadurch gewinnen, weil er als wichtig, weiterführend oder interessant für die betreffende Person erscheint, oder aber als unumgänglich erachtet wird, weil Belohnungen winken oder Strafen drohen. Die Bedeutung des Lehrstoffs wird von der Lehrkraft und ihrem Unterricht gestaltet, so dass diese maßgeblich Anteil am Motivierungsgeschehen haben (Prenzel et al. 1998 sowie Prenzel 1995). Einschränkend sei aber darauf hingewiesen, dass äußere Bedingungen keineswegs unmittelbar motivationale Zustände in einer Person erzeugen können, so vermögen Lernumgebungen lediglich den Aufbau von Lernmotivation in einer Situation wahrscheinlich werden zu lassen (Prenzel et al. 1998 und Prenzel 1995).

Bereits angesprochen wurde die Differenzierung motivierter Handlungen entsprechend ihrem Grad an Selbstbestimmung, wobei zwischen zwei Grundtypen motivierten Verhaltens unterschieden wird: intrinsischer und extrinsischer Motivation. Intrinsisch motivierte Verhaltensweisen bzw. interessenbestimmte Handlungen erfordern zu ihrer Aufrechterhaltung keine externen Anstöße und stellen den Prototyp selbstbestimmten Verhaltens dar (Deci & Ryan 1993).

Demgegenüber findet sich die extrinsische Motivation, welche in Verhaltensweisen sichtbar wird, welche in der Absicht durchgeführt werden, eine bestimmte, von der Handlung separierbare Konsequenz zu erlangen (Deci & Ryan 1993) und welche durch Aufforderungen in Gang gesetzt werden, welche eine (positive) Bekräftigung erwarten lassen.

Zwischen den beiden Extrema sind fließende Übergänge möglich, so können beispielsweise extrinsisch motivierte Verhaltensweisen durch die Prozesse der Internalisation und Integration in selbstbestimmte Handlungen überführt werden (Deci & Ryan 1993).

Internalisation meint einen Prozess in dessen Folge äußere Anforderungen und Werte von der Person verinnerlicht werden, wobei Integration noch weiter geht und die Eingliederung der internalisierten Werte in das Selbst meint, wobei als Folge dieser Prozesse das eigene Handeln als selbstbestimmt erfahren werden kann (Deci & Ryan 1993). Begründung findet eine solche Entwicklung durch die von Deci und Ryan postulierte Tendenz des Menschen zur Integration in seine soziale Umwelt.

Aktuelle motivationspsychologische Ansätze sehen eine Gegenüberstellung von „intrinsischer“ und „extrinsischer“ Motivation allerdings als zu grob an (Prenzel et al. 1998). Eine weitreichendere Ausdifferenzierung wird durch den Aspekt der Inhalts- bzw. Tätigkeitsebene geleistet, durch den die Motivation ausgelöst bzw. aufrechterhalten wird (Prenzel et al. 1998 und Prenzel 1995).

So ergeben sich neben der intrinsischen Motivation im Rahmen der extrinsischen Motivation vier Typen:

- externale Regulation
- introjizierte Regulation
- identifizierte Regulation
- integrierte Regulation

wobei Prenzel der Auflistung Deci und Ryans den Zustand der „Amotivation“, also das Fehlen jeglicher Lernmotivation, anfügt, sowie als weiteres Extremum demgegenüber eine Variante des intrinsisch motivierten Lernens, welche er als „interessiert“ bezeichnet (Prenzel et al. 1998).

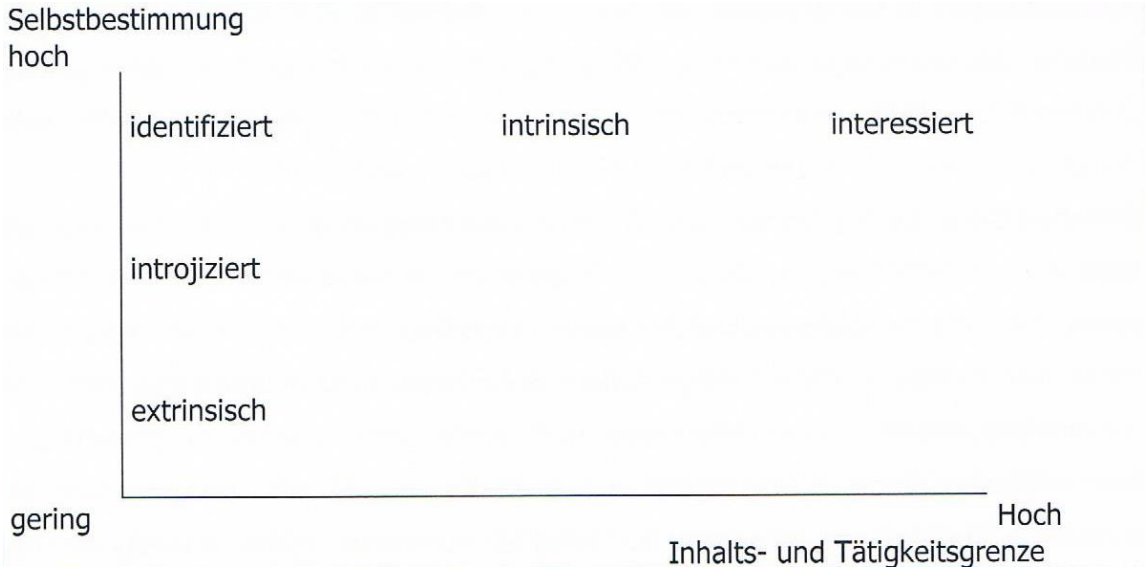


Abbildung 2: Varianten von Lernmotivation nach Prenzel (Prenzel 1995)

External reguliertes Verhalten ist intentional, jedoch abhängig von äußeren Anregungs- und Steuerungsfaktoren, wodurch es weder den Prinzipien der Autonomie noch der Freiwilligkeit entspricht. Wird der äußere Druck verinnerlicht im Sinne „inneren Drucks“, so wird von introjizierter Regulation gesprochen, wobei äußere Handlungsanstöße unnötig sind und die introjizierte Handlungsregulation insofern als internal, keineswegs jedoch als selbstbestimmt zu bezeichnen ist. Wird eine Verhaltensweise vom Selbst als persönlich relevant erkannt, sprechen Deci und Ryan von identifizierter Regulation bei der Selbstbestimmung vorliegt (Prenzel et al. 1998 und Prenzel 1995 und Deci & Ryan 1993). Dabei ist eine Identifikation mit denen der angestrebten Verhaltensweise zugrunde liegenden Werten und Zielen und deren Integration in das individuelle Selbstkonzept unabdingbar.

Den höchsten Grad an Selbstbestimmung im Rahmen der extrinsischen Motivation stellt die Form der integrierten Regulation dar, welche am Ende des Internalisierungsgeschehen, also

der Verinnerlichung, Integration und Identifikation von außen herangetragener Werte, Ziele, Normen, Verhaltensweisen und Handlungsstrategien, steht. Gemeinsam mit der intrinsischen Motivation und der bei Prenzel (Prenzel 1995) genannten interessierten Lernmotivation stellen sich diese als Basis selbstbestimmten Handelns dar.

Selbstbestimmt motivierte Handlungen sind nach Prenzel selten mit negativ gefärbten Gefühlen wie Angst- und Unlusterlebnissen belegt, vielmehr jedoch mit positiven Empfindungen. In diesem Zusammenhang stellt Prenzel den günstigen Effekt der Formen selbstbestimmter Motivation für das Lernen klar heraus und deutet vorliegende Studien dahingehend, dass höhere kognitive Leistungen mit selbstbestimmt motiviertem Lernen positiv korrelieren (Prenzel et al. 1998 und Prenzel 1995).

Somit sollte die Chance des Transfers des im Unterricht Erlernten auf reale Situationen durch Formen selbstbestimmt motivierten Lernens positiv beeinflusst werden. So sieht Prenzel den höheren Lerngewinn bzw. Kompetenzzuwachs des Lernenden bedingt in einer stärkeren Aktivität der Lernenden im Konstruktionsprozess des Lernens, so im Hinblick auf die Entwicklung bildlicher Vorstellungen, individueller Versprachlichung, sowie einer stärkeren Verknüpfung betrachteter Sachverhalte durch vermehrte Schlussfolgerungen (Prenzel et al. 1998).

Den positiven Einfluss intrinsischer Motivation bzw. integrierter Selbstregulation auf den Lernprozess betonen auch Deci und Ryan und stellen diese Formen sogar als unabdingbar für einen als erfolgreich zu charakterisierenden Lernprozess heraus, so dass diese durch soziale Faktoren, besonders durch Formen der Autonomieunterstützung des Lernenden, gefördert werden sollten (Deci & Ryan 1993 und Deci & Ryan 1985). Es sei mit Deci und Ryan bemerkt, dass zwar intrinsische Verhaltensweisen auf Gefühle der Kompetenzerfahrung und Autonomie angewiesen sind, gleichzeitig aber auch zur Entstehung dieser Gefühle beitragen, womit sich diese Faktoren also gegenseitig bedingen (Deci & Ryan 1993).

Ziel eines guten Unterrichts im Sinne einer transferunterstützenden Unterrichtskultur sollte hiernach die Förderung intrinsischer Motivation bzw. des Lernens aus Interesse sein. Somit sind individuelle Rückmeldungen an den Lernenden anzustreben, welche eine positive Reflektion des Lernprozesses des Einzelnen zulassen, keineswegs jedoch kontrollierend wirken, wodurch die Selbstbestimmung, Autonomie als auch das Kompetenzempfinden des Lernenden „Laien“ negativ beeinflusst würde.

„Kontrolle“ würden auch Belohnungen und Sanktionen im Lernprozess zur Erlangung bzw. Aufrechterhaltung von Motivation bewirken und somit das Autonomieempfinden des Lernenden bzw. letztlich seine intrinsische Motivation zurückdrängen (Deci & Ryan 1985).

Sowohl Deci und Ryan als auch Prenzel gehen von einer angeborenen motivationalen Tendenz des Menschen aus, sich eingebunden und zugehörig in ein soziales Milieu zu fühlen. Der Mensch habe ein angeborenes Bestreben sich als effektiv, initiativ und autonom in seiner Lebenswelt zu erfahren (Prenzel et al. 1998). Hierzu braucht der Lernende „Spielräume“ im Sinne offener Lernumgebungen inhaltlicher Relevanz, um sich selbst als kompetent zu erfahren, die Akzeptanz seiner Person und das Eingebundensein in eine Bezugsgruppe, um selbstbestimmte Lernmotivation zu entwickeln.

Gefordert sind lebensweltlich orientierte Lernsituationen und authentische Aufgaben, wodurch der Lernende dem Lehrstoff Bedeutung zuweist. Hinsichtlich genannter Instruktionsqualität ist neben einer klaren Strukturierung des Lehrstoffs auch eine Aufgabenkultur angesprochen, die sich an den Voraussetzungen der Lernenden orientiert (s. nachfolgende Differenzierung von Transfer(-distanz)) (Prenzel et al. 1998 und Prenzel 1995). Besonders „Laien“, und das stellen in diesem Fall alle unterrichteten SchülerInnen dar, sind entsprechend Prenzels Aussagen auf hohe Anschaulichkeit angewiesen. Dies nennt Prenzel im Zusammenhang mit einem Vorgehen, welches über eine Varianz an Beispielen das Konkrete abstrahiert (Prenzel 1995). Jene angedeuteten Fälle und Beispiele werden insbesondere im Rahmen der Konzeption von „Mathematik im Kontext“ in ihrer Bedeutung für einen erfolgreichen Lern- bzw. Transferprozess aufgezeigt und in den Fallstudien in Kapitel 3 eingearbeitet.

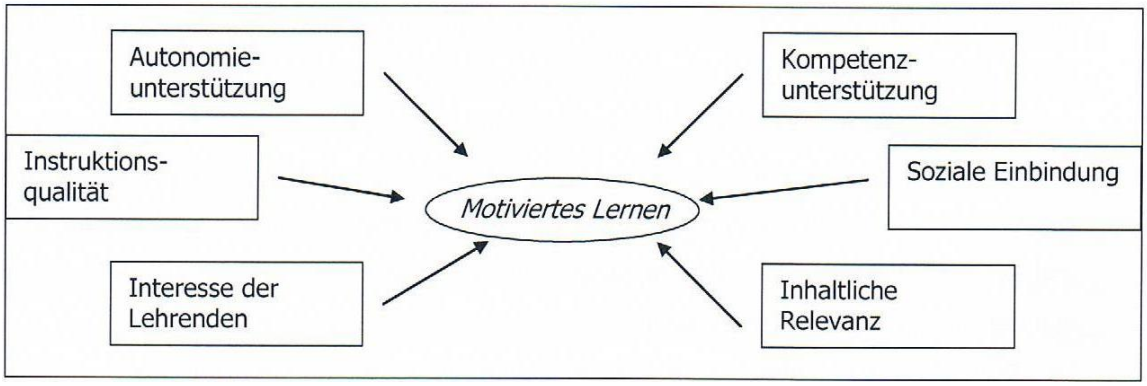


Abbildung 3: Kriterien zum Aufbau und zur Unterstützung einer identifizierten, intrinsischen und interessierten Lernmotivation nach Prenzel (Prenzel 1998)

Sicherlich stellt sich auch die Lehrerpersönlichkeit selbst als wichtiger Faktor zur Ausbildung einer motivierenden Lernkultur dar, ebenso wie die Lernatmosphäre innerhalb der Klasse als unmittelbares soziales Umfeld des Lernenden im Lernprozess. Letzteres trägt in entscheidender Weise dem Bedürfnis nach sozialer Eingebundenheit Rechnung. Das Grund-

bedürfnis nach Kompetenzerleben kann durch entgegengebrachtes Zutrauen in die Fähigkeiten des Lernenden, sowie durch Rückmeldungen mit informativem, keineswegs jedoch sozial vergleichendem Charakter unterstützt werden (Prenzel et al. 1998 und Prenzel 1995).
Jene grundlegenden Aussagen zur Unterstützung der Motivation des Lernenden in seinem Lernprozess werden im folgenden Kapitel drei in den diversen unterrichtlichen Ansätzen Berücksichtigung finden. Die dort konzipierten und evaluierten Unterrichtseinheiten sind alle kontextbasiert gestaltet und werden damit den vorangegangenen Ausführungen zur Förderung des motivierten Lernens gerecht, indem sie authentische Kontexte in den Mittelpunkt des Problemlöseprozesses stellen und die Selbstbestimmung und soziale Eingebundenheit des Lernenden im Lernprozess durch methodische Offenheit entwickeln.
Die Bedeutung zuvor ausführlich dargelegter Bedingungsfaktoren zur Förderung der Motivation des Lernenden im Erkenntnisprozess sind entscheidend für höhere kognitive Leistungen und damit für die im Fokus der Arbeit stehenden Transferprozesse des Lernenden. Transferprozesse fußen damit letztlich auf motivierten Lernsituationen, die im Kapitel drei in exemplarischen Unterrichtseinheiten entwickelt werden.

1.1.3 Das kognitiv-konstruktivistische Modell des Lernens

Die der Arbeit zugrunde liegenden didaktischen Konzeptionen, welche im dritten Kapitel anhand exemplarischer Unterrichtsversuche konkreter dargelegt werden, basieren auf einer konstruktivistischen Sichtweise des Lernprozesses. Die konstruktivistische Lehr-Lerntheorie stellt eine Art Synthese der Ansätze aus Platonismus und Empirismus dar. Dabei wendet diese sich aber entschieden gegen das „Nürnberger-Trichter“- Modell des Empirismus des passiv rezipierenden Lerners und des aktiven Lehrenden, welcher als „Experte“ fachliche Inhalte auf den „Laien“ zu transferieren vermag (Voß 2005). Comenius formuliert es prägnant in (Voß 2005, S. 145): *„[...] das Wissen beinahe in derselben Weise dem Verstande eingeschrieben wird, wie es äußerlich auf das Papier gedruckt wird.“*
Eine konstruktivistische Sichtweise auf unterrichtliche Prozesse unterstreicht demgegenüber die Verantwortung des Lernenden in seinem eigenen Lernprozess. Daraus resultiert die Notwendigkeit zur Selbstständigkeit und Aktivität im Rahmen eines erfolgreichen Lernprozesses (Edelmann 2000). Dies formuliert u. a. von Glasersfeld als Begründer des „Radikalen Konstruktivismus“ (Wolf & Priebe 2003, S. 37): *„[...] dass Erkennen und Wissen nicht der Niederschlag eines passiven Empfangens sein können, sondern als Ergebnis von Handlungen eines aktiven Subjekts entstehen“.*

Abgeleitet wurde der lernpsychologische Konstruktivismus von Kants philosophischem Ansatz, wobei angemerkt sei, dass die Ursprünge des Konstruktivismus weit in die Antike zurückreichen (Wolf & Priebe 2003 sowie Hußmann 2006). Die Kernaussagen liegen in der Negation einer absoluten Wahrheit und damit einer Welt als solcher. Nach Kant sei die Welt eine individuelle Konstruktion des Betrachters (Wolf & Priebe 2003, S. 37): *„Das vermeintlich Gefundene ist ein Erfundenes […] und [wird durch den ´Erfinder´] zur Grundlage seines ´Wissens´ und daher auch seines Handelns [ge-]macht“*, so Watzlawick (s. hierzu auch Edelmann 2000). Der Konstruktivismus als Erkenntnis-, aber auch Wissenschaftstheorie stellt anknüpfend an den Systemgedanken das Subjekt als *„[…] alleinige(n) Urheber des Wissens, seiner Konstitution und Konstruktion“* (Gudjons 2003, S. 46-47) heraus. Aus der Sichtweise des Menschen als autarker Konstrukteur seiner eigenen Lebenswelt „selbstreferentiell und autopoietisch“ (Gudjons 2003) folgt zugleich ein veränderter Blickwinkel auf Lehr-Lernprozesse, die sich auch im Begriff der „Bedeutungsweisung“ bei Bruner als Leitidee in der Mitte des 20. Jahrhunderts finden (Seel 2000, Kp. 5 und Wolf & Priebe 2003).

Der kognitive Konstruktivismus weist „mentalen Modellen“ in der Bedeutungskonstruktion eine zentrale Rolle zu (Seel 2000, S. 22): *„Mentale Modelle sind kognitive Konstruktionen, mittels derer eine Person ihre Erfahrung oder ihr Denken derart organisiert, dass sie eine systematische Repräsentation ihres Wissens erreicht, um subjektive Plausibilität zu erzeugen.“* Jener Konstruktionsprozess basiert somit stets auf dem Vorwissen und den Vorerfahrungen des Lernenden, woraus eine Situiertheit des Lernens abzuleiten ist und damit auch als idiosynkratisch zu bezeichnen ist.

Neuere Ansätze erweitern das Modell, indem sie die für schulisches Lernen entscheidenden motivationalen (s. Kapitel 1.1.2), affektiven und sozio-kulturellen Komponenten berücksichtigen, so dass Lernen als „situierte Kognition“ begriffen wird. Jede kognitive Aktivität der Lernenden erwächst aus einer Interaktion dieser mit ihrer konkreten Lernumgebung („community of practice“) (Reich 2002). Diese schafft den Anlass, beispielsweise im Sinne eines kognitiven Widerspruchs, zur Umstrukturierung mentaler Modelle und motiviert durch Authentizität und Selbstbestimmung (vgl. hierzu die „Selbstbestimmungstheorie der Motivation“ nach Deci & Ryan 1985).

Damit sind aber auch die Ergebnisse als Folge jener individuellen und kontextabhängigen Konstruktionsvorgänge nicht determiniert (Siebert 2005) und dies bedeutet im Umkehrschluss, dass auch die Anwendung eines fachlichen Konzepts im Rahmen einer neuen Problemstellung einer Umstrukturierung des Konzept-Netzwerks bedarf.

Die „Situated-Cognition-Theory“ verfolgt die These, dass situiert erworbenes Wissen - im Gegensatz zum mitgeteilten Wissen – verfügbares Wissen insofern darstellt, als dass es auf neue Problemstellungen übertragen werden kann (s. hierzu auch Siebert 2005). Jene transferfördernden Verknüpfungen sollten dabei insbesondere durch eine möglichst enge Abstimmung von Lern- und Lebensweltsituation gelingen, wobei eine Flexibilisierung des erworbenen Konzept-Netzwerks durch vielfache Kontextsituationen geleistet werden könnte. Die angesprochene „systematische Repräsentation“ eines Konzeptnetzwerks stellt sich als Grundlage zur Umstrukturierung dieses Netzwerks in neuen Problemstellungen und somit zur Transferleistung dar. Die Gestaltung der kontextbasierten Lernumgebungen fand dabei schon zuvor hinsichtlich motivationaler Aspekte Begründung in Kapitel 1.1.2, wobei durch die immanente Anordnung der Problemstellungen jene „systematische Repräsentation“ erlangt werden soll.

Als Prinzipien des situierten Lernens nennt Siebert neben der bereits angesprochenen Authentizität und individuellen Relevanz der Problemsituation konkret multiple Kontexte und eine „Komplementarität von Instruktion und Konstruktion“ (Siebert 2005), so dass es nicht darum gehen kann, den Lernenden in der Lernsituation sich selbst zu überlassen, da es dann zu einer Überforderung und folglich einem Ausweichen aus der Lernsituation kommen würde. In einem konstruktivistisch geprägten Modell des Lernens kommt der Gestaltung einer authentischen und für den Lernenden relevanten Lernumwelt „zur Auslösung und Optimierung von Lernprozessen“ (Edelmann 2000) eine entscheidende Rolle zu, da eine solche problemorientierte Lernsituation dem Fokus des Konstruktivismus des Transfers bzw. der Anwendung des Erlernten in neuen Kontexten gerecht zu werden vermag (Edelmann 2000). Die Reflektion des eigenen Handelns und damit der individuellen kognitiven Strukturen wird von von Glasersfeld als „Geheimnis des Begreifens“ verstanden (Voß 2005).

Auch hier wird deutlich, dass im Gegensatz zur Instruktion nicht der Erwerb von Sachwissen als Zielsetzung unterrichtlicher Prozesse gesehen wird, vielmehr wird durch die angestrebte Authentizität und Lebensnähe dem altbekannten Verdikt Senecas und dem Bildungsauftrag von Schule entsprochen, den Lernenden zu befähigen, schulische Inhalte auf lebensweltliche Situationen übertragen zu können und somit die Bildung trägen Wissens zu vermeiden. Jene angesprochene Übertragung kann mit dem nachfolgend weiter auszuschärfenden Begriff des Transfers gleichgesetzt werden.

Hinsichtlich der Intention schulischer Lebenswelt und den Kernaussagen des Konstruktivismus muss ein Umdenken hin zu einer Individualisierung von Lernprozessen als subjektive Konstruktion der Wirklichkeit insofern erfolgen, als dass es demnach auch keine objektiven

mentalen Modelle bzw. Konzept-Netzwerke geben kann, da diese einem Entwicklungsprozess obliegen, der von individuellen Faktoren wie u. a. Vorwissen und Vorerfahrungen getragen wird. So können wissenschaftliche Lehrsätze als Konsens zwischen den Menschen begriffen werden, bleiben aber Konstruktionen des menschlichen Gehirns (Gudjons 2003), was auch durch die Verwendung von Fachsprache der jeweiligen Disziplin unterstrichen wird.

Zwar kann sich der Lernende solche Lerninhalte demnach in einer entsprechenden Lernumgebung aneignen und damit zu einem Mitglied einer „Expertengemeinschaft“ werden, doch zu berücksichtigen bleibt, dass die Verknüpfung solcher omnipotenter Lehrsätze in ihrer Verlinkung zu anderen Wissensinhalten als auch hinsichtlich ihrer Repräsentationsebenen jener formelmäßigen Zusammenhänge variieren wird (zur individuellen Konstruktion des Verständnisses s. auch Wolf & Priebe 2003). Zu prüfen wäre daher, inwiefern eine solche Phase im Sinne der Einführung allgemein gültiger Konzepte sinnvoll erscheint. Sicherlich bedarf es einem von der Wissensgesellschaft geteilten „Gemeinwissens“, doch inwiefern sich ein solches transferfördernd auswirkt, bleibt fraglich.

Eine ebensolche Phase, welche meist als Dekontextualisierung bezeichnet wird, widerspricht bereits in der Benennung selbst den Grundlagen konstruktivistischer Lehr-Lerntheorien und somit dem Fundament kontextbasierter Unterrichtskonzeptionen. Bei einer solchen Phase kann es sich gemäß der Kernaussage des Konstruktivismus nur um die Rekapitulation jener Aspekte des in einer „Expertengemeinschaft“ geteilten Wissens handeln, wobei die Bedeutungszuweisung und das in Beziehung setzen zu anderen Komponenten bereichsspezifischen Faktenwissens vom Lernenden selbst geleistet werden muss. Ebenjener Prozess bedarf der Unterstützung durch den Lehrenden, der diese Leistung als Transfer versteht und neue Problemstellungen anbietet. Diese Diskussion findet Verschärfung in den Aussagen des „Radikalen Konstruktivismus“, der eine unabhängig vom Beobachter existierende Erkenntnis verneint (Wolf & Priebe 2003). Der jeweils erreichte Entwicklungsstand bestimmt nach Piaget, einem der bekanntesten Vertreter der konstruktivistischen Position, wie neue Erfahrungen verarbeitet werden (Noting & Paulus 2004), wobei *„Ziel […] die Herstellung eines Gleichgewichtszustandes zwischen erlebter Wirklichkeit und den kognitiven Strukturen“* sei (Hußmann 2006, S. 3), worunter die Mechanismen der Assimilation bzw. der Akkommodation der individuellen kognitiven Strukturen fallen (Hußmann 2006).

Entsprechend den von von Glasersfeld formulierten Grundannahmen des Konstruktivismus kann somit die Funktion der Kognition als adaptiv verstanden werden und dient der Organi-

sation einer individuellen Erfahrungswelt – das Erfassen einer absoluten Realität ist demnach unmöglich (Hußmann 2006). Unter dem Begriff des Entwicklungsstandes kann neben der zunehmenden Fähigkeit zu gedanklicher Abstraktion auch - ggf. sogar bedingend - ein variierendes Konzept-Netzwerk verstanden werden, welches hinsichtlich seiner Komplexität vom „Laien“ zum „Experten“ zunimmt. Verfolgt man diesen Gedanken weiter, so kann mit zunehmender Expertise des Lernenden dieser auf immer komplexere und verfeinerte Strukturen zurückgreifen, was nicht nur ein breites bereichsspezifisches Wissen bedingt, sondern zudem heuristische Strategien in der Verknüpfung der Wissenselemente. Jenes bereichsspezifische Faktenwissen stellt eine notwendige Bedingung zur kompetenten Problemlösung aber keine hinreichende dar, wofür zudem Ergänzungen durch heuristische Strategien erforderlich sind.

Lernprozesse, Beobachten und Erkennen sind selbstreferentielle und rekursive Prozesse (Hußmann 2006), die somit nicht von der Lehrperson bestimmt, wohl aber durch geeignete Lernumgebungen beeinflusst werden können, wobei das hierbei entstehende konzeptionelle Netzwerk als Ergebnis eines individuellen Erkenntnisprozesses verstanden werden muss und folglich nicht allgemeingültig formuliert werden kann. Die subjektive Erkenntnis ist zwar in ihrer Struktur des Konzept-Netzwerks als individuell zu verstehen, muss sich allerdings innerhalb der sozialen Realität bewähren (Voß 2005) und wird durch Konsens zu einer allgemein anerkannten Theorie (Hußmann 2006). Letzteres unterstreicht sicherlich jene letzte Phase in der Unterrichtskonzeption „Chemie im Kontext“, wobei dies ggf. auch durch selbstreferentielle Prozesse im Rahmen einer nachfolgenden Problemsituation vom erkennenden Subjekt selbst geleistet werden kann.

Das bestehende Konzept-Netzwerk der Lehrkraft kann nach von Glasersfeld selbstverständlich den Lernenden in einer Phase der „Dekontextualisierung“ präsentiert werden. Es ist jedoch zu beachten, dass von Glasersfeld in der Ausprägung einer solchen Phase vielmehr auf neue Problemsituationen verweist, in denen der Lernende kompetent handeln sollte (Voß 2005, S. 35): *„Die Schüler werden es* [die Lösungsstrategie des Lehrenden] *dann sofort ins eigene Denken und ins eigene Handeln übersetzen und ausprobieren. Damit wird es dann wieder zu einem selbst gemachten und ist nicht etwas, was einfach übernommen worden ist.“*

In einem solchen Individualisierungsprozess formuliert Voß für schulische Lernwelten u. a. die Forderung nach individueller Wissensgewinnung und Konstruktion im Rahmen von „Erfahrungslernen“ sowie Handlungsfähigkeit in variierenden Kontexten zu üben, was Berücksichtigung in den Fallstudien der Arbeit finden soll. Dabei erfordert eine solch konstrukti-

vistisch geprägte Didaktik eine Gestaltung von Lehr-Lernprozessen der indirekten Einflussnahme der Lehrkraft („Ermöglichungs-Didaktik“) (Voß 2005), so insbesondere durch geeignete Wahl der eingesetzten Kontexte – Wilke nennt dies „Konditionalisierung von Kontextbedingungen“ (Voß 2005). Dies kann keineswegs bedeuten den Lernenden auf sich selbst gestellt im Kontext zurückzulassen, da der konstruktivistische Ansatz der Interaktion mit der Lernumwelt bedarf, um tragfähige Konzepte aufzubauen. *„Es ist weder möglich noch sinnvoll, allein auf aktive Konstruktionsleistungen der Lernenden zu vertrauen.“* so Voß (Voß 2005, S. 51).

Jene Interaktion gilt es im Lehrprozess zu gestalten, wobei der vierten Phase der „Chemie im Kontext“ - Konzeption sicherlich eine zentrale Rolle zukommt, jedoch nicht in der Weise, als dass zentrale Konzepte des Fachinhalts losgelöst vom Kontext erlernt werden können. Gerstenmaier und Mandl formulierten Kriterien für konstruktivistische Lernumgebungen. In diesem Zusammenhang fiel u. a. der Begriff der „Freiheitsgrade“ für den Lernenden (Voß 2005) – gemeint ist hiermit die eigene Wissenskonstruktion und Interpretation unter Einbezug von Erfahrungen – die in besonderer Weise durch die Anlage gewählter Kontexte unterstützt werden kann. Im Umkehrschluss bedeutet dies aber auch eine andere Sicht auf Lehren und die Einstellung zur eigenen Rolle als Lehrperson.

„Lernen ist ein Prozess der Weiterentwicklung neuronaler Strukturen, die Wissen situativ hervorbringen. Erfolgtes Lernen lässt sich aus veränderten Denk- und Handlungsmustern erschließen […]“ (v. Aufschnaiter in Voß 2005, S.243)

Abschließend kann festgehalten werden, dass die konzeptionelle Anlage der Fallstudien die konstruktivistische Sicht auf Lehren und Lernen zu berücksichtigen hat, wenn sie erfolgreich sein will und dies kohärent über den gesamten didaktischen Ansatz. Dabei haben die vorangegangenen Ausführungen deutlich gemacht, dass keinesfalls ein radikaler, sondern vielmehr ein gemäßigter Konstruktivismus den Konzeptionen zugrunde gelegt werden sollte, da ersterer Unsicherheiten der Lernenden fördern und eine Stabilität, die der Lernende zu erlangen sucht, stets verneinen müsste (Voß 2005). Zwar bedarf ein erfolgreicher Lernprozess der Widersprüche, doch im Hinblick auf die Ziele schulischer Bildung sollte der Lernende nicht permanent in Relativität gelassen werden in einer ohnehin sich stetig wandelnden Gesellschaft. Zudem ist ein radikaler Konstruktivismus hinsichtlich eines naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses nur schwer zu realisieren, denkt man an die phänomenologische Ebene konkreter Beobachtungen – auch wenn sicherlich die sprachlichen Darlegungen und ableitbaren Gesetzmäßigkeiten als Konstruktionsprozess der Wirklichkeit im Sinne einer

Modellbildung verstanden werden können. Trotzdem sind sie notwendig, um zu einem autonom handelnden Bürger zu erwachsen. Im Sinne von Aufschnaiter sollten die Lernumgebungen individuell gestaltet sein und die Lebenswelt der SchülerInnen betonen, was im Folgenden auch in den Fallstudien zu sehen sein wird. Es kann allgemein festgehalten werden, dass die zu konzipierenden Lernumgebungen die Konstruktion individueller Konzept-Netzwerke im Rahmen eines Problemlöseprozesses zulassen sollten und im Diskurs mit der Lerngruppe und vor dem Hintergrund weiterführender Fragestellungen stetig zu reflektieren sind (Reich 2002).

Ein Transfer auf neue Problemstellungen bzw. Kontexte sollte demzufolge die Flexibilisierung des eigenen Netzwerks im Sinne zunehmenden „Expertentums“ fördern. Hieraus resultiert die Forderung nach einer geeigneten Abfolge von Kontexten, welche den Konstruktionsprozess durch Transferprozesse stetig hinterfragt und das Konzept-Netzwerk erweitert bzw. revidiert.

Der dem Transferprozess innewohnende Schritt des Erinnerns kann aus der Sicht der situierten Kognition als Rekonstruktion begriffen werden, wodurch eine Modifikation erzeugt wird, die sinnvoll auf veränderte Problemsituationen angepasst ist (Reich 2002).

Problemlösekompetenz und somit die Förderung zur Transferleistung kann damit nicht absolut in einer Phase der Dekontextualisierung gesehen werden, da dies die immanente Erwartung an ein rein reproduktives Lernen beinhaltet (vgl. Reich 2002). Rekonstruktionen als zentrales Element erfolgreichen Problemlösens beinhaltet stets einen Transfer des Vorwissens und erfolgreicher Lösungsstrategien, wobei einer Phase der Dekontextualisierung in diesem Zusammenhang nur in der Aushandlung gesellschaftlich akzeptierter Konzepte Bedeutung beigemessen werden kann, das Konzept-Netzwerk hingegen in einer so verstandenen Phase unberührt bleibt, da es – wie auch eine erfolgreiche Lösungsstrategie – im Kontext erworben wurde.

Erfolgreiches Lernen sollte also aus einem Zusammenspiel re- und dekonstruktiven Lernens auf der Grundlage der Konstruktion erfolgen (Reich 2002). Eine Verabsolutierung der reinen Konstruktion scheint vor dem Hintergrund schulischer Realitäten - curricularer Fülle und damit einhergehender enger zeitlicher Vorgaben - nicht realisierbar, doch eine reine Rekonstruktion würde die individuellen Konzept-Netzwerke und ihr Potential vernachlässigen und somit ggf. eine konzeptionelle Parallelwelt schaffen. Vor dem Hintergrund des Schwerpunkts der vorliegenden Arbeit würden Rekonstruktionen beschränkt bleiben auf den jeweiligen Problemkontext und somit die Möglichkeit des Lerntransfers auf analoge Situationen stark limitieren.

1.2 Transferkompetenz als höchstes Ziel des Lernprozesses

„The problem of transfer of knowledge and skills has been on the agenda of research in educational psychology throughout the century."

(de Corte 1999, S. 555)

1.2.1 Zum Begriff des Lerntransfers

Der Kompetenzbegriff als zentrales Element curricularer Ansprüche und zugleich zu erreichende Zieldefinition unterrichtlicher Bestrebungen ist eng verknüpft mit der Möglichkeit Transfer zu leisten, also allgemein der kompetenten Bewältigung von neuen, von der ursprünglichen Lernsituation bzw. Problemstellung abweichenden Aufgabenstellungen (Noting & Paulus 2004), was Bruner als „Herzstück der Erziehung" bezeichnete (Edelmann 2000). Transfer als fundamentales Ziel von Unterricht bzw. allgemein von Lernprozessen (de Corte 1999) ist nicht nur von Bedeutung im schulischen Umfeld, sondern stellt vielmehr das Fundament einer jeden Gesellschaft, einer jeden Kultur dar. Die Herausforderung und Problematik Transfer zu leisten, erlernte Konzepte in neuen Kontexten erfolgreich anzuwenden, war bereits im 20. Jahrhundert in den Mittelpunkt des Forschungsinteresses der Lernpsychologie gerückt, wobei dieser Fokus in den achtziger Jahren noch deutlicher hervortrat (de Corte 1999). Über die historische Genese der Ansichten und Theorien zum Transfer gibt Cox in (Alexander & Murphy 1999) einen Ein- und Überblick beginnend mit Thorndike und Woodworth zu Beginn des 20. Jahrhunderts und ihrer Theorie, dass erfolgreicher Transfer identischer Elemente zwischen Übungs- und Anwendungssituation bedarf. Dies entspricht aus heutiger Sicht eher den Auffassungen und Modellvorstellungen der Gestaltpsychologen, welche in diesem Zusammenhang mit dem Begriff der „Ähnlichkeit" zwischen den betrachteten Problemstellungen argumentierten (Alexander & Murphy 1999). Dabei war mit genannter „Ähnlichkeit" eine Aktivierung analoger Verhaltensweisen bzw. kognitiver Prozesse durch die Aufgabenstellung selbst gemeint. Gestaltpsychologen wie Wertheimer nehmen zudem einen Transfer omnipotenter Fähigkeiten und Fertigkeiten an (de Corte 1999).

Doch bevor eine tiefgreifende Betrachtung zentraler Transfertheorien erfolgen kann, muss der grundlegende Begriff selbst konkretisiert werden. Der Begriff „Transfer" wird äußerst kontrovers diskutiert, wobei dieser in der heutigen Diskussion teilweise sogar negiert und durch Begriffe wie „Produktivität" ersetzt wird (s. hierzu Hatano & Greeno 1999 sowie Prenzel 2010). Diese begriffliche Varianz kann zum einen als Reaktion auf den immanenten,

scheinbar überhöhten Anspruch des originären Begriffs bezüglich des kompetenten Handelns des Lernenden in neuen Problemkontexten verstanden werden. Zum anderen aber auch als Antwort auf die aktuelle Meinung einiger Lernpsychologen, welche die Fähigkeit Transfer leisten zu können mehr oder weniger ablehnen, wie Dettermann in (de Corte 1999, S. 556): „*The lessons learned from studies of transfer is that, if you want people to learn something, teach it to them. Don´t teach them something else and expect them to figure out what you really want them to do.*" Diese kritische Sicht basiert auf der grundlegenden Annahme der Situiertheit des Lehrens und Lernens und der daraus resultierenden Gebundenheit erlernter Inhalt und Konzepte an den jeweiligen Lernkontext (s. auch Lave 1988). Das Auftreten generellen Transfers verneinend, konnten Singley und Anderson zeigen, dass die Fähigkeit Transfer zu leisten abhängig davon ist, inwieweit die Aufgabenstellungen identische Fertigkeiten und Lösungswege einfordern (de Corte 1999), womit sie an Thorndikes Theorie anknüpfen. Aber auch der gestaltpsychologische Ansatz findet Berücksichtigung im Rahmen problemlösenden Transfers von Mayer und Wittrock (de Corte 1999, S. 556): „*[…] under appropriate conditions, students can learn to improve their problem-solving transfer.*" Die vorliegende Arbeit fußt auf einer breiten Definition von Transfer, welche im Folgenden noch weiter ausgeführt wird und ebenso von Campione, Shapiro und Brown formuliert wurde (de Corte 1999). Da die Situiertheit von Lernprozessen keinesfalls in der vorliegenden Arbeit verneint werden kann und soll, wird der Ansatz von Greeno, Smith und Moore besondere Beachtung finden, da diese eine Transfertheorie entwickelten, welche die Situierung von Lernprozessen weiterhin akzeptiert (de Corte 1999). Ihr Ansatz basiert auf der Annahme, dass die Lernenden entsprechend den Anforderungen der Lernsituation eine Aktivität entwickeln, so dass Transfer in diesem Zusammenhang eine Veränderung dieser Aktivität in einer zur Ausgangssituation abweichenden Problemstellung meint (de Corte 1999) (s. hierzu auch begriffliche Darlegungen in Prenzel 2010). Erfolgreicher Transfer findet somit statt, wenn die veränderte Problemstellung Anforderungselemente enthält, die der ursprünglichen Lernsituation entsprechen und die der Lernende dort erworben hat. Zu einer solch situierten Sichtweise von Transfer passt Lobatos Definition von Transfer, welche Anklang in der gesamten Arbeit findet (de Corte 1999, S. 557): „*[…] the personal construction of similarities across activities, i.e., seeing situations as the same.*"

Eine weiterführende, kritische Diskussion hinsichtlich einer Reflektion der Begrifflichkeit selbst soll in der vorliegenden praxisorientierten Arbeit nicht stattfinden, da dies nicht nur den Fokus der Arbeit verfehlen würde, sondern zudem das der Interviewstudie als auch den

Fallstudien zugrunde liegende Verständnis von Transfer obige Definition aufgreift und damit ausreichend weit gefasst ist. In jener kontroversen Diskussion ist aber der Begriff des sogenannten „trägen Wissens“ als fehlende Übertragbarkeit des Erlernten in neuen Handlungszusammenhängen zu beachten[25]. Dies zum einen bezüglich einer kritischen Reflektion des Transfervermögens im Sinne einer Anwendung erlernter Fachinhalte und Problemlösestrategien in neuen Fragestellungen, als auch vor dem Hintergrund der Ergebnisse internationaler Vergleichsstunden, welche ebenfalls diesen Aspekt als ein zentrales Problem hervorheben.

Die Herausforderung des „Laien“ im Lösen neuer Problemstellungen besteht nicht nur darin zu erkennen, welches Wissen und welche Fertigkeiten zu aktivieren sind, sondern in der Rekonstruktion des situativ erworbenen Wissens (Nolting & Paulus 2004). Der „Mythos vom Transfer“ (Nolting & Paulus 2004) wird nur dann Realität, wenn nicht nur das zu transferierende Wissen erlernt wird, sondern vielmehr das Transferieren selbst im Unterricht geübt wird, wobei u. a. Nolting und Paulus die Bedeutung wechselnder Kontexte zur Forcierung von Transfer betonen. Simons unterstreicht diese Aussage in seiner Forderung nach einer Vielzahl unterschiedlicher kontextbasierter Problemsituationen zum einen zur Anwendung des Erlernten als auch zur Reflektion des eigenen Lösungswegs und fordert eine „Transferkultur“ ein (Simons 1999). Auch Konrad betont, abgeleitet aus internationalen Studien, die Bedeutung multipler Kontexte um „träges Wissen“ zugunsten möglichen Transfers einzudämmen (Konrad 2005).

Während Detterman, wie bereits zuvor erwähnt, das Auftreten signifikanten Transfers mit den Worten ablehnt, sie seien “rarer than volcanic eruptions and large earthquakes”, findet Bereiter durchaus Anzeichen von Transferleistungen, sei es im Erlernen fundamentaler Prozesse oder in der Anwendung von Konzepten in variierenden kontextuellen Problemstellungen. Erfolgreicher Transfer ist kein Mythos, wofür sich zahlreiche Beispiele kompetenter Problemlösung im Alltag finden[26], ist aber sehr wohl an motivationale Einstellungen des Lernenden gebunden (s. hierzu die Ausführungen im Kapitel 1.1.2). So betont auch Volet die Motivation des Lernenden als zentralen Aspekt erfolgreichen Transfers (Volet 1999).

[25] Das Erlernte kann nicht zur Problemlösung komplexer, realitätsnaher Fragestellungen als effektives Handeln umgesetzt werden (s. hierzu auch Konrad 2005).

[26] „*Although a majority of investigators of transfer believe that transfer seldom occurs, we note that humans tend to spontaneously retrieve some relevant prior knowledge and also to use the most appropriate pieces of knowledge when they solve new problems […]*” (Hatano & Greeno 1999, S. 645)

Auch Alexander und Murphy beschreiben in (Alexander & Murphy 1999) drei Bedingungsfaktoren erfolgreichen Transfers: Fachwissen, kognitive und metakognitive Strategien und Motivation, insbesondere Interesse.

Allgemein kann der Prozess des Gebrauchs von Wissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten, in einem von der ursprünglichen Problemstellung abweichenden Kontext als Transfer verstanden werden (Alexander & Murphy 1999). Unter dem Begriff des Transfers – jener Grundvoraussetzung kompetenten Handelns in Problemsituationen – wird generell der „Einfluss von Lernen in einer Situation auf das Lernen in einer anderen Situation“ verstanden (Seel 2000). Simons differenziert drei Arten von Transfer, so des Vorwissens in die Lernumgebung, weiterführendes Lernen im Sinne lebenslanger Lernprozesse und den Transfer vom Erlernten zur Anwendung, so z. B. der kompetenten Problemlösung in lebensweltlichen Fragestellungen (Simons 1999). Hinsichtlich letzterem fordert Simons insbesondere die Nähe von Lern- und Anwendungssituation stellt aber heraus, dass für alle drei Arten von Transfer ähnlich, teilweise sogar gleiche Mechanismen zugrunde liegen.

Nach Ausubel und Robinson können ebenfalls drei Grundformen des Lerntransfers unterschieden werden, die sich allerdings in der Transferdistanz unterscheiden. Hierbei handelt es sich um eine variierende Ähnlichkeit von Lern- und Anwendungssituation und einer damit notwendigen Abstraktion des Konzepts selbst (Ryschka, Solga & Mattenklott 2011). Der „laterale Transfer“ sieht den Lernenden in der Lage Aufgaben derselben Komplexität mit variierendem Problemkontext zu lösen, wenn bereits eine solche erfolgreich zu lösen gelernt wurde. Hierbei handelt es sich somit um eine Transferleistung auf demselben Niveau des anfänglichen Lernens. „Sequentieller Transfer“ berücksichtigt die Organisation der Lehrinhalte in umfassenden, komplexen Disziplinen, so dass ein zuvor erlernter Inhalt zum Verständnis eines neuen Fachinhalts vom Lernenden herangezogen werden muss, sein Konzept-Netzwerk[27] eine solche Verknüpfung und Erweiterung leistet. Eng mit dieser Vorstellung verbunden stellt sich die kognitionspsychologische Auffassung bzw. weiterführende lerntheoretische Argumentation von mentalen Modellen dar. Diese seien keine mental gespeicherten, fixierten Strukturen, sondern werden in der jeweiligen Lernsituation konstruiert (Seel 2000, s. auch Aussagen der konstruktivistischen Lehr-Lerntheorie dargelegt in Kapitel 1.1.3). Die Repräsentationsebene des Modells, seine inhaltliche und strukturelle Beschaffenheit hängt dabei von den Vorerfahrungen und dem Vorwissen des Lernenden ab. Jener Kon-

[27] Die Vorstellung von einem Konzept-Netzwerk des Lernenden fußt auf einem theoretischen Verständnis von Wissen wie es Otto ausführt (Otto 1998), wobei die kognitive Struktur als dynamisch verstanden wird.

struktionsprozess ist es auch, der im Folgenden durch den Begriff der Flexibilität angesprochen ist. Eine Verknüpfung zu vorangegangenem deklarativen und prozeduralen Wissen liegt auch im vertikalen Transfer vor, wobei es sich hier deutlich um einen Lernzuwachs im Sinne höherer kognitiver Fähigkeiten in komplexeren Problemstellungen handelt (Seel 2000, s. auch Ausführungen in Ryschka, Solga & Mattenklott 2011). Nach Gagné bedeutet die Unterstützung letzterer Facette des Transferbegriffs sicherzustellen, dass zentrale, kognitiv untergeordnete Fähigkeiten erfolgreich erlernt wurden, doch ebendies würde schon vorherige erfolgreiche Transferleistungen des Lernenden voraussetzen. Vergleichbar mit einer Treppe erfordert eine anzustrebende höhere kognitive Ebene eine Transferleistung des Lernenden ausgehend von seiner bestehenden kognitiven Struktur und vorhandenem Konzept-Netzwerk, eine Erweiterung dessen, welches gleichzusetzen mit einem Lernzuwachs wäre. Hierzu muss aber ein Lernkontext geschaffen werden, der eine solche Leistung unterstützt und ermöglicht.

Zu diskutieren ist in diesem Zusammenhang die Bedeutung analogisierenden Denkens, dessen Voraussetzung Dörner deutlich in den Wissensbeständen aus möglichst unterschiedlichsten Bereichen sah und sicherlich den „Experten“ vom „Laien“ – dem Lernenden – unterscheidet. Eine alternative Unterscheidung zu obiger Klassifikation formulierten Salomon und Perkins Ende der achtziger Jahre und differenzierten den sogenannten „low road“ – vom „high road“- Transfer. Jene erstgenannte, als „naher Transfer“ (auch „spezifischer Transfer“ genannt (Noting & Paulus 2004)) zu übersetzende Leistung meint eine *„Fertigkeit, die in einem Kontext bis zur Automatisierung eingeübt wurde,* [und] *durch einen neuen Kontext spontan ausgelöst wird (...)“.*[28] Simons sieht allerdings für „fernen Transfer“ die Notwendigkeit der Dekontextualisierung der Inhalte als ebenso notwendig an, wie eine Fülle verschiedenster Problemsituationen (Simons 1999). In Anlehnung an Salomon und Perkins findet sich auch bei Alexander und Murphy eine Unterscheidung zwischen „low road“: *„[...] literal similarity, reflexive action and well-practiced tasks [...]“* und „high road“ Transfer: *„[...] abstraction of principles, effortful processing, increased complexity, and novelty[...]“*, wobei sich die zugrunde liegenden fundamentalen Prozesse als relativ konsistent erweisen (Alexander & Murphy 1999, S. 562). Dies meint einen Prozess der Anwendung des eigenen Vorwissens oder Erfahrung in einer neuen Situation. Letzteres zeigen „Experten“, indem sie Aufgabenstellungen bewältigen, für die sie nie direkt ausgebildet worden sind. Sie vermögen ihre Erfahrungen, ihr Vorwissen und damit assoziiert ihr individuelles

[28] Eine Differenzierung zwischen „nahen Transfer“ und „fernen Transfer“ findet sich auch in (Simons 1999).

Konzept-Netzwerk erfolgreich zur Lösung einer Problemstellung zu nutzen, was bei dem lernenden „Laien“ nicht beobachtet werden kann. Hieraus resultierend kann die Hypothese formuliert werden, dies könnte Begründung finden in einem wenig flexiblen, an die jeweilige Lernsituation gebundenen Konzept-Netzwerks, so dass eine neue, durch die veränderte Problemstellung notwendige variierende Schwerpunktsetzung nicht geleistet werden kann. Wenn aber die Problemstellung einen analogen Lösungsweg erfordert wie der Übungskontext sollten die Lernenden erfolgreicher sein, da sie hierzu bereits konkrete Erfahrungen gesammelt haben. Lernende haben allerdings Schwierigkeiten analoge Problemsituationen als solche zu erkennen (Simons 1999). Inwiefern eine Unterscheidung jener Transferdistanz für den Lernenden sinnvoll und zielführend ist bleibt fraglich, ist doch die Transferdistanz letztlich von individuellen Einstellungen des Lernenden wie z. B. seines Vorwissens abhängig (Simons 1999). In diesem Zusammenhang sei nochmals die Bedeutung des Vorwissens und somit auch vorliegender Fehlkonzepte des Lernenden betont. Simons führt hierzu aus, dass es nur schwer möglich sei, das Vorwissen des Lernenden zu verändern, oftmals ist die Anwendung des Vorwissens in der neuen Lernsituation dem Lernenden nicht bewusst, wobei das Vorwissen neue Lernprozesse beeinflusst. Hinsichtlich des Erkennens analoger Aufgabenstellungen bleibt die Schwierigkeit des „Laien“ zu beurteilen, welches Konzept des vorhandenen individuellen Vorwissens in der neuen Problemstellung zu aktivieren ist (Simons 1999).

Demgegenüber kann automatisiertes Wissen, bzw. können sogenannte „Routinen“ spontan in neuen Fragestellungen auftreten (Simons 1999). Im Unterrichtsalltag finden sich zahlreiche Beispiele, insbesondere im mathematischen Bereich, für jene Transferleistung. Eine Automatisierung verweist dabei auf ein striktes, wenig flexibles Konzept-Netzwerk, welches analog in einer neuen Problemstellung angewandt wird. Sogenannte „Plantagenaufgaben“ konditionieren einen (mathematischen) Algorithmus ohne jedoch echte Problemstellungen den Lernenden zu präsentieren oder gar problemlösendes Denken zu schulen. Ein Fokus auf ebenjene Transferleistung verfehlt die Anforderungen schulischer Bildung in der Ausbildung eines kompetenten handelnden Mitglieds in einer zunehmend komplexer werdenden Gesellschaft.[29] Hatano und Greeno führen dazu aus (Hatano und Greeno 1999, S. 650): „*[…] learning in mathematics is often organized according to a set of well-defined skills set out*

[29] Es sei an dieser Stelle zudem angemerkt, dass die mehrfach angesprochene notwendige Flexibilisierung des vorhandenen Konzept-Netzwerks letztlich Piagets Begriffe der „Akkomodation“ und „Assimilation“ hinsichtlich der Anpassung und Umstrukturierung des individuellen Netzwerks bzw. dessen Erweiterung im Rahmen einer Lernsituation umfasst. Die kontinuierliche Assimilation neuer Erfahrungen in bestehende kognitive Strukturen wird insbesondere von Ausubel in seiner Theorie des bedeutungshaltigen verbalen Lernens behandelt.

in a textbook […]". Sie stellen fest, dass die in dieser Weise unterrichteten Lernenden die Relevanz des erlernten mathematischen Inhalts in lebensweltlichen Problemstellungen nicht erkannten und zudem lediglich die zuvor erlernte Lösungsstruktur in der neuen Aufgabenstellung rekapitulieren konnten, wenn geeignete „Schlüsselwörter" sie darauf verwiesen. Diese Darstellung wird auch nachfolgend unterstrichen (Stark et al. 1999, S. 591): „*[…] learners have considerable problems successfully applying the knowledge they have acquired by traditional instruction to relevant problem situations in realistic settings*". Demgegenüber waren sich Lernende in konzeptionell offeneren Lernumgebungen mit kontextbasierten, authentischen Problemstellungen der zentralen Bedeutung mathematischer Inhalte als Werkzeug zur kompetenten Problemlösung bewusst. In neuen Problemstellungen stellten die Lernenden Beziehungen zwischen der gegebenen Information, ihrem Vorwissen, sowie bekannten Lösungsstrategien auf, um begründet zu einer Lösung zu gelangen. Trotz analogen mathematischen Inhalten zeigte somit letztere Gruppe einen deutlich flexibleren Umgang mit den mathematischen Konzepten vor dem Hintergrund der Anwendbarkeit, so dass auch in den nachfolgenden Fallstudien offene Lernumgebungen mit authentischen Problemkontexten konzipiert werden sollen.

Auch wenn Detterman das Auftreten von Transfer abstreitet, da er wahrscheinlich eine Fokussierung auf den „high road" - Transfer vornimmt, kann er nicht abstreiten, dass Transfer immanenter Bestandteil eines Problemlöseprozesses ist und damit essentieller Bestandteil des menschlichen Lebens, des gesellschaftlichen Fortschritts und unserer Kultur. Sein markanter, zuvor zitierter Ausspruch stellt hinsichtlich eines rasant wachsenden Wissensbestands nicht nur in den Naturwissenschaften und einer Fülle kontextueller Einbettungen eine unmögliche Aufgabe für jeden Lehrenden dar.

„*Transfer of schooled knowledge and procedures occurs far less often than educators and educational researchers would hope.*" (Alexander & Murphy 1999, S. 563). Und dies, obwohl es doch das höchste Ziel unterrichtlicher Lernprozesse darstellt. Transfer in Lernprozessen zu unterstützen, bedeutet mehr als einen Unterricht, der die Anwendung erlernter Konzepte in einem Kontext einfordert. So weist die Literatur zahlreiche Untersuchungen auf, wo ebendiese Lernenden in neuen Problemstellungen scheitern. Studien, welche erfolgreichen Transfer aufzeigen können, meinen hierbei aber „nahen Transfer", so auch Thorndike in seinen Veröffentlichungen. Dabei stellte bereits Detterman fest, dass insbesondere die Anlage der Problemstellungen in den Untersuchungen Transferleistungen bedingten. Zu diesen Bedingungsfaktoren erfolgreichen Transfers führte er eine Fokussierung auf den Anforderungsbereich „nahen Transfers" an, strukturelle Ähnlichkeiten sowie Hinweise und

Schlüsselwörter (Alexander & Murphy 1999). Dies unterstreicht im Sinne eines Umkehrschlusses die eben ausgebreitete Hypothese der Herausforderung, die mit Transferleistungen verbunden ist. „Naher Transfer“ suggeriert eine Anwendung des zuvor erarbeiteten individuellen Konzept-Netzwerks in nahezu analoger Weise im Hinblick auf Verknüpfungen und Schwerpunkte des Konzepts. Ebenso wirken sich strukturelle Ähnlichkeiten und Schlüsselwörter aus, die den Lernenden zur Rekapitulation eines schon beschrittenen Lösungsweges verleiten. Eine konzeptionelle Neuordnung und Reflektion ist dadurch nicht erforderlich. Ein solches Anspruchsniveau kann jedoch nicht als maßgebend verstanden werden, entspricht es doch in keiner Weise einer Problemlösekompetenz, wie es insbesondere höhere Bildung unterstützen sollte. Auch u. a. Perkins greift eine solche Einschränkung auf, indem er annimmt, dass erfolgreicher Transfer durch eine gewisse Zielsetzung im zu erlernenden Inhalt und ausgewählten Situationen, in denen das Erlernte Anwendung finden soll (Alexander & Murphy 1999). Dem Lernprozess liegt damit schon die Anforderung Transfer zu leisten inne, doch Transfer wohldefinierter Kenntnisse und Fähigkeiten, deren Nutzen den Lernenden in weiteren Problemstellungen deutlich wird. In der Literatur finden sich vor allem die nachfolgend genannten Aspekte, um Transferprozesse im Lernprozess zu unterstützen. Dazu gehört u. a. neben unterrichtlicher Zeit Transfer zu üben und somit auch vielfältige Gelegenheiten, das deutliche Hervorheben des Lerninhalts, die Betonung problemlösenden Denkens und erfolgreicher allgemeiner Strategien zur Problemlösung. Insbesondere das geforderte deutliche Hervorheben des Lerninhalts stellt sich in kontextbasiertem Unterricht immer wieder als Problem heraus. Die kontextbasierten Inhalte haben das Potential sich mit den Fachinhalten zu vermengen – eine Herausforderung des betonten situierten Lernens durch Kontexte - dem in der unterrichtlichen Praxis vielfach mit jener „Phase der Dekontextualisierung“ begegnet wird. Inwiefern dies vor dem Hintergrund konstruktivistischer Lehr-Lerntheorien gerechtfertigt ist und sich als transferunterstützend im Rahmen neuer Problemstellungen darstellt bleibt nachfolgend zu untersuchen.

Transfer basiert auf einem Netzwerk und nicht auf Bausteinen eines Konzepts, so dass als Grundlage eines erfolgreichen Transfers offensichtlich ein flexibles Konzeptnetzwerk, welches „Experten“ aufweisen, gesehen werden kann. Im Unterschied aber zu „Experten“ haben Lernende nicht den Überblick über eine Fachdisziplin, sondern haben Fragmente erlernt, welche es nun in wohlbegrenzten Fragestellungen anzuwenden gilt. Jener Aspekt stellt sich umso mehr als Herausforderung dar, als dass Transfer und analoges Denken und Folgern verwandte Prozesse sind. Analoges Denken und Folgern zeigt Detterman in seinem obigen Vergleich, indem er eine außergewöhnliche Beziehung anschaulich hervorhebt. Ein solcher

Prozess ermöglicht eine Rekonzeptualisation und Neuordnung von Ideen, Konzepten und abstrakten Ansätzen im Rahmen deutlich anschaulicher, ggf. einprägsamer Zusammenhänge (Alexander & Murphy 1999). Eine solche Rekonzeptualisierung meint den bereits zuvor geschilderten flexiblen Umgang mit einem situierten, individuellen Konzept-Netzwerk, notwendig um erfolgreich Transfer leisten zu können. Dies setzt allerdings, wie das Beispiel von Detterman deutlich macht, die Fähigkeit voraus, Parallelen erkennen zu können und Schwerpunkte eines Konzepts zu identifizieren. Ein hiermit einhergehender Aufbau naturwissenschaftlicher Vorstellungen bedarf in besonderer Weise auch einer Umstrukturierung vorhandener individueller Präkonzepte bzw. Alltagskonzepte der Lernenden (zur Bedeutung des Vorwissens, bzw. ggf. vorhandener Fehlvorstellungen der Lernenden s. auch Labudde & Möller 2012), wobei jene Umstrukturierungen durch die Theorie des „conceptional change“ eingehender diskutiert werden. Herausgestellt werden sollte, dass für eine wiederholt angesprochene „konzeptionelle Entwicklung“ bzw. „konzeptionelle Rekonstruktion“ (Ausdrücke sind dem Artikel Labudde & Möller 2012 entlehnt) die motivationale Einstellung des Lernenden entscheidend ist und somit Bedingungen zur positiven Beeinflussung der Motivation des Lernenden bereits zuvor konkret dargelegt wurden (s. Kapitel 1.1.2).

Der Lernende vermag im Erkennen von Analogien über vielfältige Problemstellungen hinweg nicht nur Schwerpunkte eines Konzepts zu erkennen, sondern zudem das eigene Konzept-Netzwerk zu flexibilisieren. Analoges Denken ist somit ein wichtiger Aspekt auf dem Weg eines erfolgreichen Transfer- und Problemlöseprozesses. Dies unterstreichen auch Labudde und Möller (Labudde & Möller 2012), die im Erkennen von Analogien zwischen Aufgabenkontexten das entscheidende Kriterium für erfolgreiche Transferprozesse sehen.

„Analogiebegründeter Transfer“, der seit Anfang der 80er Jahre zunehmend Verbreitung fand, geht davon aus, dass positiver Transfer auf dem Erkennen von Analogien gründet „*wenn Personen eine neue Lernaufgabe lösen, indem sie sich auf das stützen, was sie über eine ähnliche Aufgabe wissen, die sie bereits lösen können*“ (Seel 2000, S.314). In diesem Erkennen von Analogien muss der „Laie“ zwischen struktureller Ähnlichkeit und Oberflächenähnlichkeit differenzieren, so dass die Schwierigkeit des Lernenden in eben jenem Prozess gesehen werden kann. Die notwendigen Teilprozesse jenes analogen Transfers werden von Mayer und Wittrock als die kognitiven Prozesse des Erkennens, der Abstraktion und der Abbildung definiert (Seel 2000). Neben dem Erkennen eines potentiellen Analogons richtet sich die Abstraktion an das allgemeine Prinzip, welches in der Basisaufgabe zur Problemlösung angewandt wurde. In der abschließenden „Abbildung“ geht es um eine Adaption der Lösungsstrategie auf das neue kontextuelle Problem. Der Abstraktionsvorgang struktureller

Eigenschaften kann unterstützt werden, wenn dem Lernenden „multiple Analogons“ präsentiert werden, Aufgabenkontexte, die ebenjene kognitiven Prozesse in wohldefinierter Weise trainieren wie es u. a. in der Konzeption von „Mathematik im Kontext“ geschieht.

Ferner Transfer (auch „unspezifischer Transfer“ genannt (Nolting & Paulus 2004)) *„setzt eine „bedeutungshaltige“ Abstraktion i.S. einer Dekontextualisierung ebenso voraus wie umfassende und variationsreiche Übungen“* (Seel 2000, S.308). Der letzte Teil des Zitats greift die vorherige Kritik auf, so dass Übungen durch vielfältige Problemstellungen eine Flexibilisierung und ggf. Erweiterung des bestehenden individuellen Konzept-Netzwerks induzieren.

Die Loslösung im Kontext erlernter Konzepte scheint vor der Zielsetzung des Transfers in neue Problemstellungen logisch, doch sollte hinterfragt werden, was in einem Transferprozess übertragen werden kann und muss. Simons führt dazu aus, dass neben dem Fachwissen auch Lösungsstrategien und Ansätze zur Selbstkontrolle zu transferieren seien (Simons 1999). Hierzu passen auch Befunde von Pennington et al. zur Nutzungsspezifität prozeduralen Wissens. Pennington et al. fanden heraus, dass bei einem Transferprozess nicht Wissen an sich übertragen wird, „*sondern die bereichs- und fertigkeitsspezifische Nutzung dieses Wissens*“ (Seel 2000, S. 313), welches durch Analogiererkenntnis vom Lernenden geleistet werden kann. Als entscheidend stellt Simons das Bewusstsein des Lernenden hinsichtlich der transferierten Konzepte heraus, um diese und damit den Lösungsweg kritisch reflektieren zu können. Dies berücksichtigend, wird in zwei Fallstudien sowohl mit Mind Maps als auch mit Lerntagebüchern gearbeitet, um jenen Aspekt deutlich hervorzuheben und unterrichtlich zu unterstützen.

Konzeptionelle Modelle des Lehrenden sollen den Lernenden unterstützen ein mentales Modell der Problemsituation zu konstruieren, um hiermit erfolgreichen Transfer zu leisten. In diesem Zusammenhang führt Volet aus (Volet 1999, S. 626): “*Although some situationists […] have argued that transfer of knowledge may not exist since knowledge cannot be decontextualized, most theorists recognize that transfer of learning can be socially mediated and that guided forms of learning have potential for enhancing the likelihood of transfer across tasks and contexts.*” Volet unterstreicht die Bedeutung lehrerzentrierter Formen unterrichtlicher Prozesse in der Unterstützung von Transferleistungen und rechtfertigt damit Phasen der Dekontextualisierung, in denen fachliche Konzepte von der Lernsituation gelöst und als generelle Konzepte insbesondere vom Lehrenden hervorgehoben werden. Allerdings erfordert eine Transferleistung im Sinne einer erfolgreichen Problemlösung eine Verknüp-

fung erlernter Konzepte, die aufgrund ihrer individuellen Anlage nicht zentral generell dekontextualisiert werden kann – dies vermag nur der Lernende selbst im Analogieschluss durch Erfahrung in unterschiedlichsten Kontexten und effektiver Problemlösung zu leisten (s. hierzu auch Aussagen in (Mietzel 2006)).

Entscheidend für die Bildung eines solch kohärenten Konzept-Netzwerks sind nach Mayer (Mayer 1999) die unterschiedlichen Repräsentationsebenen des Inhalts, welche zusammen mit dem Vorwissen des Lernenden in einem kognitiven Prozess dieses entwickeln. So führt Mayer aus (Mayer 1999, S. 617): „ *[…] adding pictures to words in instructional messages can greatly increase students´ ability to use the material in problem-solving transfer.*" In der vorliegenden Arbeit wird dies in den Fallstudien umgesetzt, indem jene "Anker" sowohl bildlich zweidimensional, als auch in Experimenten mit deutlich konkret-handelndem Anteil des Lernenden ebenso die visuelle, sowie konkret-fassbare Ebene ansprechen.

In diesem Zusammenhang des Begriffs der Dekontextualisierung geht die Generalisierungstheorie davon aus, dass Verallgemeinerungen und Prinzipien auf zahlreichen Erfahrungen beruhen müssen und hieraus erlernt werden (Seel 2000). Diese Sicht fußt zwar auf Throndikes Theorie der identischen Elemente, setzt jedoch an die Stelle von Fakten und Fertigkeiten die Generalisierung von Konzepten im Rahmen von Problemstellungen und wird somit dem Bildungsauftrag von Schule eher gerecht. Thorndike formulierte bereits Anfang des Jahrhunderts seine Theorie der identischen Elemente (Fähigkeiten, Fakten). Ebenjene „Elemente" müssten sich sowohl in der ursprünglichen Lernsituation als auch in der neuen Situation finden, um erfolgreich Transfer leisten zu können. Ein solch eng gefasstes Transferverständnis – im Sinne „nahen Transfers" (s. Ryschka, Solga & Mattenklott 2011) verschließt sich einer immer komplexer werdenden Welt und greift zu kurz, indem es den Lernenden lediglich den Transfer von Algorithmen, nicht jedoch höherwertiger kognitiver Strukturen erlaubt. Es wird deutlich, dass das angesprochene Konzept-Netzwerk im Sinne Bruners verstanden wird, der die kognitive Struktur nicht nur auf Wissen und Regeln beschränkte, jene Strukturen, welche durchaus dekontextualisiert werden können und zudem analog auf neue Problemstellungen übertragen werden könnten, sondern, dass hierzu Techniken des Problemlösens gehören, die nur im Kontext erlernt und flexibilisiert werden können (vgl. hierzu Edelmann 2000). Hieraus leitet Bruner die Betonung der Übung des Problemlösens im Rahmen seines „Entdeckenden Lernens" ab, welches schon zuvor mehrfach eingefordert wurde. Bruners Annahme einer „allgemeinen Problemlösefähigkeit" (s. Edelmann 2000) kann in Zusammenhang gebracht werden mit einem sich durch stete Übung von

Transferprozessen flexibilisierenden Netzwerk, was letztlich die Basis bilden kann für einen lebenslangen Lernprozess.

Stark et al. (Stark et al. 1999) betonen in diesem Zusammenhang ebenfalls die Bedeutung multipler Kontexte, sprechen sich aber deutlich für eine zusätzliche Unterstützung durch den Lehrenden aus[30]. Dabei sei angemerkt, dass die methodische Ausgestaltung entscheidend vor dem Hintergrund der zentralen Bedeutung der Motivation des Lernenden im Sinne der „Selbstbestimmungstheorie der Motivation" nach Deci und Ryan ist (vgl. Kapitel 1.1.2). Bezüglich jener Motivationstheorie müssen auch die von Stark et al. eingesetzten Beispiel als „worked-out-examples" kritisch gesehen werden, führen sie zwar zu abstrakteren Konzept-Netzwerken, limitieren allerdings die Selbsttätigkeit des Lernenden im Lösungsprozess, auch wenn die stete eigene Reflektion des Lernenden hinsichtlich seines Problemlöseweges zur „Bewusstmachung" der Lösungsschritte eingefordert wird. Letzteres soll die Abstraktion des Konzepts vom Lernkontext unterstützen und damit den Transfer in neue Anwendungszusammenhänge fördern (Ausführungen in Konrad 2005). Die „Methode der ausgearbeiteten Beispiele" präsentiert dem Lernenden eine Lösungsstrategie, welche dieser in analogen Problemsituationen anwenden kann. Empirische Studien belegen in diesem Zusammenhang die signifikante Verbesserung analogen Transfers, wenn die Lernenden an ausgearbeiteten Beispielen Lösungsprozeduren erlernt haben (Seel 2000).

Kritisch betrachtet greift dieser Ansatz zu kurz, da es den „Laien" in seiner Rolle belässt anstatt ihn zum selbstständigen Abstrahieren eines Problemlöseprozesses anzuleiten und verweist letztlich erneut nur auf anzuwendende Algorithmen. Sicherlich scheint ein solcher Ansatz vor dem Hintergrund schulischer Realitäten und Zeitökonomie verlockend, doch dem Bildungsauftrag von Schule wird dieses kaum gerecht.

In den nachfolgenden Fallstudien wird nicht mit ausgearbeiteten Beispielen gearbeitet. Die „Bewusstmachung" der individuellen Lösungsschritte des lernenden „Laien" als auch kontextimmanenter Konzepte soll durch begleitende Methodik unterstützt werden, als auch durch die von Stark et al. im Rahmen der „cognitive flexibility theory" geforderten Varianz des Lernfeldes, so insbesondere hinsichtlich des Kontextes sowie variierender Abstraktionsniveaus. Ein solcher Ansatz sollte sich positiv auf die Transferleistungen der Lernenden auswirken, da die Lernenden zunehmende Flexibilität in der Anwendung vorliegender Konzept-

[30] *„Under multiple learning conditions with additional support, positive results were attained […] "* (Stark et al. 1999, S. 605)

Strukturen auf neue Problemstellungen erlangen[31]. Adams, Solomon und Perkins unterstreichen diesen Ansatz ebenfalls (Ryschka, Solga & Mattenklott 2011), wobei sie allerdings die Selbstständigkeit des Lernenden in diesem Prozess der Anwendung von Denk- und Problemlösestrategien in verschiedensten Problemkontexten betonen, wodurch letztlich eine Abstraktion im Sinne einer Dekontextualisierung vom Lernenden individuell geleistet werden kann als Grundlage für „fernen Transfer".

Zu beachten ist nach Stark et al., dass die gewählten Lernkontexte eine vergleichbare Tiefenstruktur aufweisen sollten, also lediglich in der Problemstellung selbst, nicht jedoch im zugrunde liegenden fachlichen Konzept variieren sollten. So stellten Stark et al. fest, dass eine differierende Tiefenstruktur bei analoger Oberflächenstruktur einer Problemsituation häufig zu negativen Transferergebnissen führte.

Jenes wiederholt angesprochene Konzept-Netzwerk bedarf sicherlich für den konstruierenden „Laien" „Ordnungshilfen", die Ausubel und Robinson als „Ankerideen" bzw. „advance organizers" beschrieben. Sie sahen darin eine notwendige Bedingung für nachfolgendes Lernen in neuen Problemsituationen, insbesondere im Rahmen „sequentiellen Transfers" und somit zur erfolgreichen Problemlösung (Seel 2000). Die beiden sprechen auch von einer äußeren Einflussnahme im Rahmen von Begriffen und Regeln als Organisationshilfen. Hilfestellung der Lehrperson hinsichtlich einer konkreten individuellen kognitiven Struktur scheint insbesondere vom Alter der Lernenden und deren Fähigkeit zur objektiven Reflektion des eigenen Lernweges abhängig (Labudde & Möller 2012). Deutliche Verknüpfungen zwischen den Konzepten herauszustellen sowie Basiskonzepte zu formulieren führt auch Simons (Simons 1999) in Verbindung mit der Relevanz und Authentizität des Lerninhalts bzw. Kontextes und einer transparenten Zielsetzung an (s. Motivationstheorie von Deci und Ryan Kapitel 1.1.2).

Die erfolgreiche Übertragung des Gelernten beruht auf der Fähigkeit des Lernenden entsprechend den Anforderungen einer Aufgabenstellung spezifische und allgemeine Fertigkeiten auszuwählen. Diese Sichtweise des metakognitiven Transfers kann demzufolge entwickelt werden beim Lösen vielfältiger Probleme und stellt sich als individueller und offener dar als zuvor betrachtete Ansätze und zugleich als größere Herausforderung für den Lernenden.

In dem „Model of domain learning" (MDL) von Alexander entwickelt, werden drei Stufen des Lernprozesses angenommen: Akklimatisierung, Kompetenz und Expertentum, welche

[31] (Multiple Kontexte) *„promote the construction of multiple (i.e. flexible) representations of knowledge – an important prerequisite for understanding complex-problem situations and for transfer"* (Stark et al. 1999, S. 593)

sich hinsichtlich des erlernten Fachinhalts, den Interessen des Lernenden sowie dem Erwerb genereller Strategien zur Problemlösung ableiten lassen (Alexander & Murphy 1999). Angemerkt sei, dass diese Bedingungsfaktoren sich zugleich als Determinanten erfolgreichen Transfers darstellen. Lernende, welche sich auf der bezeichneten ersten Stufe befinden, verfügen über begrenztes bzw. Teilwissen einer Fachdisziplin und auch ihr Interesse ist an die jeweilige Lernsituation gebunden. Insbesondere Ersteres konfrontiert Lernende wiederholt mit neuen und komplexen Problemstellungen, die eine Fokussierung auf kognitive und metakognitive Strategien erforderlich machen. Dabei wirken sich die Lücken im vorliegenden Konzept-Netzwerk insofern als negativ aus, als dass dadurch Problemlösestrategien vielfach ineffektiv bleiben (Alexander & Murphy 1999). Im Vergleich dazu zeichnen sich Lernende auf einer höheren Kompetenzstufe des Models nicht nur durch mehr erworbenes Fachwissen auf, dieses ist zugleich auch im Sinne eines Netzwerks angeordnet (Alexander & Murphy 1999, S. 566): *„[…] subject-matter knowledge of competent learners is coherently organized around key domain concepts and principles.“* Zudem zeigen sie ein Interesse, welches sich zunehmend unabhängig vom Lernkontext zeigt und zu einem Interesse an der Fachdisziplin selbst erwächst (s. hierzu auch die Ausführungen zu den Aspekten „Motivation“ und „Interesse“ in Kapitel 1.1.2). In dieser vertieften Auseinandersetzung mit der Fachdisziplin resultiert auch eine Routine hinsichtlich typischer Problemstellungen der Wissenschaft, so auch eine flexible und effizientere Einbeziehung allgemeiner Problemlösestrategien und fachspezifischer Lösungsprozesse (Alexander & Murphy 1999). Dies gilt in gravierenderer Weise natürlich auch für den geringen Anteil einer Lerngruppe, welche zu „Experten“ im Lernprozess werden und ein vertieftes und breiteres Konzept-Netzwerk erlangen. „Experten“ vermögen zudem neues Wissen in ihr vorhandenes Konzept-Netzwerk individuell zu integrieren und überzeugen durch vertieft ausgebildete kognitive und metakognitive Strategien, deren Basis die fundamentale Fähigkeit darstellt Verknüpfungen, Analogien zwischen Phänomenen bzw. Problemstellungen zu identifizieren (Alexander & Murphy 1999).

Studien von Hatano und Greeno bezüglich der Transferprozesse bei Kindern unterstrichen insbesondere die Rolle einer „personifizierenden Argumentationsebene“ zur Problemlösung. Jene „Laien“ greifen somit auf ein konzeptionelles Modell zurück, mit welchem sie bereits zahlreiche Erfahrungen verknüpfen – dem menschlichen Verhalten. Neue Problemsituationen, so naturwissenschaftliche Phänomene, werden mit menschlichem Verhalten analog betrachtet (Hatano & Greeno 1999, S. 648): *„[…] young children use their understanding of human beings in reasoning about their animate beings (or even inanimate objects), because they do not have rich categorical knowledge and thus have to rely on*

analogy in inferences." Jene Analogieschlüsse unterstreichen den Ansatz „Analogiebegründeten Transfers" und die Unterstützung dessen zur Förderung von Transferleistungen des Lernenden und sollen in einer der Fallstudien noch eingehender betrachtet werden (s. Kapitel 3.2.).

Abgeleitet von den vorangegangenen Aussagen können nun hinderliche Faktoren für die Ausbildung von Transferleistungen formuliert werden. *„[…] domain knowledge, strategic processing, and motivation (e.g., interest) underlie competent performance in academic domains, including the ability to transfer knowledge and skills within and across that domain (i.e., analogical reasoning).*" (Alexander & Murphy 1999, S. 568) Unterrichtliche Faktoren können allerdings die Ausbildung eines kohärenten Konzept-Netzwerks negativ beeinflussen, wie auch die weiteren angesprochenen Faktoren zur Transferunterstützung. Hierbei wird u. a. die dekontextualisierte Erarbeitung fachlicher Inhalte negativ bewertet. Die Betonung eines Unterrichts, welcher selbstentdeckendes Lernen in authentischen Lernkontexten ermöglicht und somit konstruktivistische Lehr-Lerntheorien, als auch situiertes Lernen unterstreicht, sollte somit die Fähigkeit der Lernenden Transfer zu leisten fördern[32].

Hatano und Greeno führen die unterrichtliche Kultur selbst als Grund für das Scheitern der Lernenden Transfer zu leisten an (Hatano & Greeno 1999, S. 652): *„They may fail because they actually transfer a practice from school learning […], where the goal of an assessment is to display knowledge of specific rules and procedures that have been taught as being appropriate for specific classes of problems and exploration or inquiry is not encouraged. Thus, students may refuse to try to solve transfer problems because of their metacognitive beliefs that there is a single legitimate procedure to solve each class of problems, that they can learn it only when it is taught by the teacher, and that nothing can be done by themselves when they do not know the right procedure."* Eine transferfördernde unterrichtliche Kultur sollte somit offene Problemstellungen im Rahmen entdeckenden Lernens darstellen, den Lernenden zu Selbstständigkeit ermutigen und die Rolle des Lehrenden als zentralen „Vermittler" negieren. Eine Lernkultur ist somit abzulehnen, die fachliche Konzepte und Lösungswege in einem starren Sinn zu vermitteln sucht[33]. Ein solch starres Verständnis vom Konzept-Netzwerk des Lernenden, welches es in neue Problemstellungen zu transferieren gilt, wird von Lave skizziert (Hatano & Greeno 1999, S. 647):*„[…] theory of transfer which treats cognition as the literal, uniform transportation of tools for thinking from one situation*

[32] Zur Bedeutung situierten Lernens, um den Transfer des Erlernten in neuen Problemkontexten zu fördern s. auch die Ausführungen in (Konrad 2005).

[33] *„[…] consists of a set of rules and procedures that one has to use in a mechanical way"* de Corte in (Hatano & Greeno 1999, S. 652)

to the next […]" und als äußerst problematisch gesehen, wie es auch Hatano und Greeno betonen[34]. Hatano und Greeno führen zudem aus (Hatano & Greeno 1999, S. 652): *"The results of learning include not only public and abstract representations of "collective" experiences, such as laws, formulae, and rules described in textbooks, but also representations of experiences which are of a personal, concrete nature."* Während ersteres eine Phase der Dekontextualisierung als alleiniges transferunterstützendes Element legitimieren würde, betont letztgenannter Aspekt die konstruktivistische Sichtweise auf Lehren und Lernen und verweist auf die individuelle Wissenskonstruktion, die es im unterrichtlichen Prozess zu berücksichtigen gilt und Beachtung in der vorliegenden Arbeit finden wird. Vor dem Hintergrund curricularer Anforderungen in engen zeitlichen Rahmen, scheinen Lehrende zu wenig Zeit in entdeckende Lernprozesse zur Erarbeitung des Fachinhalts sowie in die Entwicklung erfolgreicher Strategien zur Erweiterung des individuellen Konzept-Netzwerks und damit eng verknüpft in Problemlöseprozesse zu investieren. „*What is required is a cohesive body of knowledge that can serve as an anchor for cross-task or cross-domain transfer"*(Murphy & Woods in Alexander & Murphy 1999, S. 572). Um ebendies zu erreichen, sollte der Lehrende die Fachdisziplin in einer Weise überblicken, die es ihm ermöglicht, zentrale Konzepte und fachimmanente Verfahren, beispielsweise den Weg naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung[35] im Unterrichtsprozess zu fokussieren und sie somit zu „Ankern" in einem sich erweiternden Konzept-Netzwerk werden zu lassen, wodurch eine individuelle Ordnung für den Lernenden als „Laien" möglich wird. Dies eröffnet nicht nur für den Lehrenden die Möglichkeit Verbindungen zwischen Fachkonzepten herauszustellen, sondern entsprechend des erreichten Kompetenzniveaus des Lernenden können auch individuelle Lernwege im Sinne konstruktivistischer Lehr-Lerntheorien selbstständig in vielfältigen kontextbasierten Problemstellungen aufgebaut werden. Eine solche Strukturierung zu erlernender Inhalte durch Einordnung hinsichtlich zentraler Fachkonzepte sollte auch eine Flexibilisierung eines Konzept-Netzwerks unterstützen. *„As long as teachers persist in treating content superficially or devote important instructional time to seductive details rather than to key domain concepts, then students are less likely to form the principled body of subject-matter knowledge needed to progress into competence or to demonstrate transfer"* (Alexander & Murphy 1999, S. 569). In Lernumgebungen, in welchen Problemlösestrategien eingefordert und ausgezeichnet werden, werden Lernende sich

[34] *„The term „transfer" is itself problematic from the socio-cultural perspective. Conceptualizations of transfer often depend on treating knowledge as quite a static property of individuals."* (Hatano & Greeno 1999, S. 647).
[35] Zur Rolle eines naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses s. (Labudde & Möller 2012).

vermehrt damit auseinandersetzen, so dass die bereits zuvor eingeforderten authentischen Kontexte in einer Lernkultur entdeckenden Lernens hierzu sicherlich einen großen Beitrag leisten können und in nachfolgenden Erprobungen umgesetzt werden sollen.[36]

Es kann nicht darum gehen, generelle oder fachimmanente Problemlösestrategien als „Rezept" darzulegen, um es in wohldefinierten Problemstellungen, welche diesem gerecht werden, abzufragen, so dass das „Rezept" selbst automatisiert wird. Ein solches Vorgehen würde dem Bildungsauftrag von Schule einen kompetenten - im Sinne von Urteilsfähigkeit - und verantwortungsvollen Erwachsenen auszubilden nicht gerecht, da es die komplexen Anforderungen lebensweltlicher Fragestellungen negiert. Solch ausgebildete Lernende - Dewey spricht in diesem Zusammenhang sogar vom „mechanical drill" - erreichen die drastisch negativen Ergebnisse in offenen Problemstellungen, wie es internationale Vergleichsstudien belegen.

Problemlösendes Denken und damit die Fähigkeit Transfer zu leisten, erfordert ein flexibles Konzept-Netzwerk, angewandt in vielfältigen Problemstellung, die zahlreiche „Wege" im Netzwerk aktivieren. Anhand eines Beispiels aus der Arbeitswelt[37] leiten Hatano und Greeno für schulische Lernwelten ab (Hatano & Greeno 1999, S. 650): "*Similarly, in school subjects, students may develop quite different forms of knowing when they learn in practices that involve different ways of participating.*" Damit betonen sie wiederum die Bedeutung variierender Kontexte, wie sie auch in den nachfolgenden Fallstudien unterrichtspraktisch umgesetzt wird. Lernende sollten bestärkt werden, Problemlösestrategien zu modifizieren, individuelle Lösungswege zu entwickeln, wozu sich offene Unterrichtsformen unterstützend auswirken können. Alexander und Murphy schlussfolgern (Alexander & Murphy 1999, S. 570): "*Consequently, as long as the incentives for students to personalize strategies or to go beyond the instructional parameters remain limited and, as long as the time and rewards for strategic effort are in short supply, transfer either within or across domains is unlikely to be stimulated.*"

Die Gestaltung unterrichtlicher Prozesse zur Förderung von Transferleistungen der Lernenden ergibt sich direkt aus dem unmittelbar Vorangegangenen. Dabei unterstreichen Alexander und Murphy eine fachspezifische Sicht auf die Transferproblematik und eine multiple

[36] Zudem ist die Problematik für den Lernenden darin zu sehen, dass er Ähnlichkeiten zwischen Lern- und Anwendungssituation nicht erkennt. „*The methods learned by individuals are not neutral entitites […] Therefore, a learned method may not be used for other goals […]"*(Hatano & Greeno 1999, S. 652).Hieraus resultiert erneut der Ansatz vielfältigste Kontexte zu verwenden.

[37] *„[…] when successful participation in a practice requires flexibility and adaptiveness […], they may learn to transform the concepts and methods of the practice"* (Hatano & Greeno 1999, S. 650)

Sicht, welche sowohl den Lerner, die Aufgabe sowie den Kontext als äußere Lernarrangements ebenso berücksichtigt, wie die schon zuvor angesprochenen Aspekte des grundlegenden Fachwissens, der Entwicklung von Problemlösestrategien und die motivationale Einstellung des Lernenden (Alexander & Murphy 1999). Erfolgreiche Transferleistungen basieren somit auf einem zusammenhängenden und kohärenten Konzept-Netzwerk der Fachdisziplin, einem flexiblen Repertoire an Lern- und Problemlösestrategien und einer Motivation bzw. sogar Identifikation mit der Fachwissenschaft und dies abhängig von der individuellen Stufe des Lernprozesses auf der sich der Lerner befindet (Alexander & Murphy 1999).

„When educators are free to teach more about less they can also revisit central notions under varying conditions and in diverse fashions – factors that have been shown to promote transfer" (Alexander & Murphy 1999, S. 572-573). Daraus ergibt sich sowohl für Alexander und Murphy als auch für die Anlage der eigenen Konzeption, dass der zu erlernende Fachinhalt kontextbasiert Erarbeitung finden sollte, wodurch situiertem Lernen, als auch damit verbundenen Motivationstheorien Beachtung geschenkt wird. Die Anwendung, der Transfer des Erlernten, sollte jedoch in zahlreichen und vielfältigen kontextgebundenen Problemstellung erfolgen, um zunächst „low-road" - Transfer zu unterstützen, wobei ebendiese Reflektion zu einer Flexibilisierung im Umgang mit dem individuellen Konzept-Netzwerk führen sollte und somit schlussendlich zur Förderung von „high-road" - Transfer und damit der höchsten Zielsetzung erfolgreicher Lehr-Lernprozesse.

Eine kognitivistische Sicht auf Transferleistungen genügt somit nicht, um die Prozesse zu verstehen bzw. die Fähigkeit Transfer zu leisten zu unterstützen, da ein solcher Ansatz zu stark die Aneignung bzw. den erlernten Fachinhalt betont, ohne weitere Aspekte, wie zuvor ausgeführt, zu berücksichtigen (Hatano & Greeno 1999).[38] Es sollte also vielmehr um ein Verständnis der Prozesse bei der Anwendung des Erlernten in neuen Problemsituationen gehen, um ebendiese unterstützen zu können, was einem neuen Verständnis erfolgreicher Lernprozesse, einem veränderten Blick auf Lernen bedarf. Selbstverständlich braucht es eines fachwissenschaftlichen Fundaments, um ebenjene Prozesse initiieren und durchführen zu können. Doch ein Verständnis der Transferproblematik scheint unmöglich, stellt sich dieser Aspekt der Fachkompetenz als absolutes Kriterium dar. In diesem Zusammenhang stel-

[38] *„[…] cognitive perspectives on transfer have fundamental limitations."* (Hatano & Greeno 1999, S. 653) In der vorliegenden Arbeit findet sich somit ein unterrichtspraktischer Ansatz, der die Anwendbarkeit des Erlernten in neuen Situationen als „produktiv" betrachtet (Begriff aus Hatano & Greeno 1999).

len Hatano und Greeno fest, dass vielfach mangelnde Transferleistungen auf den unvollständigen Erwerb neuer Fachinhalte zurückgeführt werden (Hatano & Greeno 1999), was sicherlich zu kurz greift und in eine unterrichtliche Phase der Dekontextualisierung von Fachinhalten mündet.

Problemlösen[39]

Im denkpsychologischen Sinne liegt eine Problemstellung vor, wenn die Lösung der Aufgabe nicht durch reine Rekapitulation (Reproduktion) eines bereits bekannten Lösungswegs erfolgreich bearbeitet werden kann (notwendige Unterscheidung „Aufgabe“ versus „Problem“, Edelmann 2000), wenn eine „Barriere“ also die Adaption des bestehenden Konzept-Netzwerks an den Kontext der neuen Aufgabenstellung erfordert (Nolting & Paulus 2004 und Edelmann 2000).[40] Jenen Problemlösestrategien- und Leistungen entsprechen somit vorangegangenem allgemeinem Verständnis von Transferleistungen. Solch „produktives Denken“ erweitert und flexibilisiert ein situativ erworbenes, individuelles Konzept-Netzwerk und kann mit dem Begriff des „Lernens“ gleichgesetzt werden. Dass jenes Lernen in seiner Ausprägung als individuell anzusehen ist, kann nicht nur aufgrund der motivationalen Anregung des Lernenden durch den Lernkontext der Aufgabenstellung und die gewählte „Barriere“ verstanden werden (Nolting & Paulus 2004). Vielmehr sind auch die Struktur und die Flexibilität des bestehenden Konzept-Netzwerks entscheidend, wobei auch dessen Erweiterung als vom Lernstand des „Laien“ im Rahmen der Problemstellung abhängig gesehen werden muss. Zur erfolgreichen Problemlösung und damit auch zu einem zielführenden Transferprozess gehören neben der Kompetenz-Ebene von Wissen und Fertigkeiten auch Strategien der Problemlösung (Heurismen), so dass der Erfolg determiniert wird durch das kognitive Niveau des „Laien“ in der Problemstellung.

Simons stellt in seinem Artikel (Simons 1999) die „CONTACT-strategy“ von Ali und Biemans dar. Zunächst wird darin das deutliche Aufzeigen vorhandener Konzepte beim Lernenden hervorgehoben, die sie wiederum mit den Konzepten einer neuen Problemstellung vergleichen sollen. Diese Leistung ist sicherlich stark vom Alter der Lernenden abhängig, wobei positive Ergebnisse im Alter von 11-13 Jahren festgestellt werden konnten. Aus den

[39] Zur Bedeutung der überfachlichen Kompetenz der Problemlösefähigkeit in Zusammenhang mit dem Begriff „scientific literacy“ s. (Labudde & Möller 2012).

[40] In diesem Zusammenhang kann auch von einem „kognitiven Konflikt“ als „Barriere“ gesprochen werden, der die direkte Anwendung des bestehenden Konzept-Netzwerks auf dem Weg von der Problem- zur Zielsituation nicht ermöglicht. Zur Rolle und Bedeutung des „kognitiven Konflikts“ hinsichtlich einer Veränderung vorhandener Konzeptionen s. (Otto 1998).

erstgenannten Schritten soll abschließend eine „neue Idee“ im Sinne eines Konzept-Netzwerks entstehen, welches in der neuen Problemstellung Anwendung findet. Die in diesem Prozess stets immanente, kritische Reflektion, wie sie auch in der abschließenden Überprüfung des Lösungsweges deutlich wird, bedarf aber stets des bewussten Umgangs des lernenden „Laien“ mit den relevanten Konzepten, auch seines Vorwissens. Fraglich bleibt, in welchem Umfang ein solcher Prozess vom Lernenden selbstständig leistbar ist, wobei die zitierte Studie die eigenständige CONTACT-Nutzung durch die Lernenden sowie erfolgreiche Testergebnisse aufzeigen konnte. In einer der Fallstudien soll ebenjene „Bewusstmachung“ durch Lerntagebücher und Mind Maps eingefordert werden.

Zu jenen angesprochenen Heurismen zählt das Erkennen von Analogien, wie es schon zuvor als Bedingungsfaktor erfolgreicher Transferleistungen und als unterstützendes Element aufgezeigt wurde, so dass die enge Verflechtung beider Begriffe auch hier nochmals unterstrichen wird. Eine aktuelle Problemstellung kann aber nicht dadurch gelöst werden, indem die zuvor erfolgreich angewandte Lösungsstrategie lediglich übernommen wird, es geht vielmehr um das Lösungsprinzip, das Schema, welches auf das neue Problem transferiert wird (Edelmann 2000) und ggf. in jener Variante das Konzept-Netzwerk des Lernenden erweitert. Die Unterstützung problemlösenden Denkens und damit von Transferleistungen wird vielfach in einer Nähe von Lern- und Anwendungskontext gesehen, wodurch weitgreifender Transfer vermieden würde.

Dies erscheint zunächst logisch, grenzt aber zukünftige Handlungskontexte deutlich ein und kann der Komplexität der Realwelt kaum gerecht werden. Als weitere wichtige Aspekte der Transferförderung im Rahmen unterrichtlicher Prozesse werden neben zentralen Lösungsstrategien Fertigkeiten genannt, die sich als grundlegend für bestimmte Wissensbereiche darstellen.

Die Auswahl der Transferinhalte als auch die Förderung der kognitiven Aktivität des Lernenden als Bedingungsfaktoren erfolgreichen Problemlösens münden in jener mehrfach angesprochenen Flexibilisierung des individuellen Konzept-Netzwerks des Lernenden (Edelmann 2000), das insbesondere durch vielfältige Kontexte erreicht werden kann (Nolting & Paulus 2004). Erst durch die Anwendung in differierenden Aufgabenstellungen und komplexen Kontexten kann es zu einem individuellen Prozess des „dekontextualisieren“ kommen und damit zu einem Wissen, welches aktiv auf neue Problemstellungen transferiert werden kann (Nolting & Paulus 2004) – jene Übung von Problemlöseverhalten wird aber in Schule grob vernachlässigt (Edelmann 2000).

Durch diese Ausführungen wird deutlich, dass der Begriff des „Transfers“ nicht einfach gleichzusetzen ist mit einer Übertragung von Wissen. Es geht vielmehr um eine Adaption des situativ erworbenen, individuellen Konzept-Netzwerks des Lernenden durch Problemlösestrategien.

Hinsichtlich des „Problems“, welches sich durch die drei Merkmale Ausgangszustand, Endzustand und Hindernis auszeichnet, wird zudem zwischen offenen und geschlossenen Problemstellungen differenziert, abhängig ob und inwieweit der angestrebte Endzustand definiert ist (Seel 2000). Grundsätzlich werden zwei Arten problemlösenden Denkens unterschieden, die sich auch im Hinblick auf die Anforderungen im Rahmen von Transferleistungen deutlich voneinander unterscheiden lassen: analytisches problemlösendes Denken sowie produktives problemlösendes Denken. Während ersteres sicherlich in Übungsphasen dominiert und Transferleistungen im Sinne einer Adaption des individuellen Konzept-Netzwerks erfordert, zeigt sich letzteres in gemeinsamen Unterrichtsprozessen der Einstiegsphase.

Eine eingehendere Betrachtung der notwendigen Schritte zur erfolgreichen Transferleistung wurde bereits zuvor dargelegt. Basierend auf den Aussagen der Gestalttheorie zeigt sich die besondere Bedeutung und Notwendigkeit der Umstrukturierung nicht nur der Problemstellung selbst, sondern auch vorhandener Lösungsstrategien, was bereits mehrfach im Zusammenhang positiven Transfers diskutiert wurde. Eine Fixierung auf sogenannte „sets“, eine funktionale Gebundenheit, wirkt sich kontraproduktiv auf den Problemlöseprozess aus, so dass sich dies erneut für jene Maßnahmen der Flexibilisierung vorhandener Konzept-Strukturen ausspricht, wie es in der vorliegenden Arbeit experimentell angestrebt wird.

„Analoges Problemlösen“, welches schon im Zusammenhang mit „analogem Transfer“ angesprochen wurde, basiert auf spontanen Analogiebildungsprozessen in deren Mittelpunkt die strukturelle Ähnlichkeit von Lern- und neuer Aufgabenstellung steht. Die hierzu notwendigen Transferprozesse bedürfen ebenfalls jener Flexibilität im Sinne einer Adaption erfolgreicher Lösungsstrategien, wie es schon zuvor herausgestellt wurde (s. hierzu auch den Ansatz des fallbasierten Lernens und Denkens). Die Aussagen des Konstruktivismus aufgreifend, handelt es sich somit beim Prozess des Problemlösens in der modelltheoretischen Vorstellung um eine Wissensrekonstruktion (Seel 2000).

Jener Prozess kann somit durch eine Phase der Dekontextualisierung in der dargelegten unterrichtlichen Ausprägung nur insofern von Bedeutung sein, als dass das erlernte Wissen in Form von Regeln und Begriffen rekapituliert wird. Der Prozess des Problemlösens basiert auf dem Wissen des Lernenden, so dass „*Umfang und Qualität des abrufbaren deklarativen*

und prozeduralen Wissens [...] die Qualität und Reichweite des analogen Transfers [bestimmen]" (Seel 2000, S. 329).

Bereichsspezifisches Wissen stellt sich als unabdingbares Element dar, doch kann eine solche Phase den Rekonstruktionsprozess kaum forcieren; „*[...] eine substantielle Verbesserung analogisierenden Denkens* [kann] *durch ein Training von Taktiken und Strategien des Problemlösens erreicht werden [...]"* (Seel 2000, S. 330). Zentraler Punkt ist es also ein abstraktes „Problem-Schema" zu entwickeln, dass aus den Gemeinsamkeiten der analogen Beispiele durch den Lernenden abzuleiten bzw. zu konstruieren ist. Hauptstolperstein ist allerdings die Schwierigkeit des „Laien" strukturelle Ähnlichkeiten zu erkennen, so dass die erforderliche Information aus dem deklarativen und prozeduralen Wissensgedächtnis nicht abrufbar ist, obwohl sie prinzipiell verfügbar sein sollte.

Die Reflektion des eigenen Lösungswegs stellt Jüngst als neuralgischen Punkt, als Training einer Grundstrategie heraus, um Hauptschritte des Problemlöseprozesses zu erkennen und somit flexibel auf neue Problemstellungen transferieren zu können (Seel 2000). Dieser Fokus auf die aktive Rolle des Lernenden entsprechend den Aussagen des Konstruktivismus zeigt sich auch in der Zielsetzung der „Mathematik im Kontext"-Einheiten, sowie in Anlehnung hieran auch in den nachfolgenden eigenen didaktischen Ansätzen.

Studien, welche diesen Ansatz evaluierten, zeigten, dass jenes „Training" höhere Leistungen im Problemlöseprozess bewirkte (Seel 2000). Bestimmte Problemlösestrategien per Instruktion zu vermitteln, muss insbesondere im Falle der verfahrensinduzierten Instruktion nach dem zuvor ausführlich Dargelegten scheitern. Im Rahmen des Mathematikunterrichts konnte Cummins feststellen, dass das kompetente Lösen von Textaufgaben als Ziel des Mathematikunterrichts nachweislich den Lernenden große Schwierigkeiten bereitet, obwohl analog gelagerte numerische Probleme gelöst werden konnten (Seel 2000). Cummins fand die Ursache in der unkritischen Übernahme von Algorithmen, die aufgrund oberflächlicher Schlüsselwortmethoden angesprochen wurden. Neben der Kontextabhängigkeit des Problemlöseverhaltens zeigt sich auch die herausragende Bedeutung der Modellierung von bzw. zwischen Problemsituation und mathematischem Modell, worin wiederum eine Adaption gesehen werden kann. Es sei aber an dieser Stelle kritisch bemerkt, dass in diesem Zusammenhang stabile Personenmerkmale als auch der unterrichtende Lehrer selbst die Effektivität analogisierenden Denkens beeinflusst.[41].

[41] Einen Sonderfall des analogisierenden Denkens stellt der Ansatz des sog. „fallbasierten Problemlösens" dar, wobei erfolgreiche Lösungsstrategien zusammen mit dem Fallbeispiel als Skripte abgespeichert werden, welche dann an die jeweils neue Situation adaptiert werden können (de Corte 1999). Jene Aussagen unterstreichen lediglich die große Bedeutung der im Unterricht einzusetzenden Lernkontexte.

Als wichtig stellt sich somit abschließend das Ergebnis des Problemlösens bzw. damit eng verknüpft des Transfers in der Entwicklung von Flexibilität und Anpassungsfähigkeit des Konzept-Netzwerks dar, wobei sich in jenen Aspekten auch der „Experte“ vom „Laien“ unterscheidet. Die Konzeption des „Cognitive Apprenticeship“ möchte dabei die Problemlösekompetenz des „Laien“ positiv beeinflussen, indem eine Orientierung am Lösungsverhalten des „Experten“ erfolgt (Seel 2000). Dies soll durch eine „Balance zwischen Instruktion und Konstruktion“ im Rahmen komplexer, authentischer Lernsituationen erfolgen (s. Ausführungen in Konrad 2005)[42].

Einen ähnlichen Ansatz findet man auch in der Mathematikdidaktik Schoenfelds. Sicherlich hat ein solcher Ansatz seine Berechtigung und zahlreiche (berufliche) Ausbildungsformen unterstreichen die Potentiale dieses Ansatzes. Trotzdem muss vor dem Hintergrund komplexerer Problemstellungen und der damit verbundenen Transferprozesse ebenso eine Vielschichtigkeit in der Heuristik selbst gesehen werden, der sicherlich in kooperativen Formen des Problemlösens am ehesten begegnet werden kann, wie es in definierten Unterrichtsphasen der nachfolgend dargestellten Ansätze auch geschieht. Eine hervorgehobene oder gar alleinige Stellung des Lehrenden würde in eine bereits kritisierte Nachahmung und ggf. einem Algorithmus münden und keinesfalls der konstruktivistischen Sichtweise auf Lehren und Lernen gerecht werden.

Zwischenfazit

Der Arbeit liegt ein situierter Transferbegriff zugrunde, indem Transfer als eine veränderte Aktivität des Lernenden von der Lernsituation in die neue Problem- bzw. Anwendungssituation verstanden wird. Dabei ist die Fähigkeit Transfer zu leisten neben der fachlichen Kompetenz insbesondere von der Motivation und dem Interesse des lernenden „Laien“ sowie seiner Fähigkeit zum problemlösenden Denken, also der Anwendung dem aktuellen Problemkontext angepasster Problemlösestrategien abhängig. Daraus ergeben sich drei Handlungsfelder zur Unterstützung der Transferkompetenz der Lernenden sei es in schulischer oder außerschulischer Realität: Fachwissen, Motivation, Problemlösestrategien. Zwar ist erstgenannter Aspekt der fachinhaltlichen Dimension bereits durch die curricularen Vorgaben klar umrissen, bedarf aber vor dem Hintergrund kontextbasierter Unterrichtsansätze der kritischen Reflektion hinsichtlich einer Verzahnung aus Fachinhalt und Kontext. Konstruk-

[42] Zentrale unterrichtliche Aspekte dieses Ansatzes finden sich in (Konrad 2005), wobei auf die positiven motivationalen Folgen ausdrücklich hingewiesen sei.

tivistische Lehr-Lerntheorien ebenso respektierend wie die Situiertheit von Lehren und Lernen ergibt sich ein Modell eines individuellen Konzept-Netzwerks des Lernenden, welches in der spezifischen Lernsituation kontextabhängig konstruiert wird. Neben dem fachlichen Inhalt selbst werden sich hierin auch fachübergreifende Inhalte der Lernsituation finden.
Erfolgreicher Transfer bedarf der konzeptionellen Rekonstruktion und damit der Flexibilität des individuellen Netzwerks selbst, da es beim Transferprozess nicht um die Anwendung omnipotenter Fähigkeiten in neuen Kontexten gehen kann, wie es die Theorie der „identischen Elemente“ zwischen Übungs- und Anwendungssituation nahelegt und so lediglich auf eine Aktivierung analoger Verhaltensweisen und kognitiver Prozesse abhebt.
Die Kompetenz zur konzeptionellen Rekonstruktion bedarf der Erkenntnis von Analogien, wodurch zugleich fachimmanente Konzepte des Konzept-Netzwerks als Basiskonzepte identifiziert werden können. Hierzu sollte eine Vielzahl kontextbasierter Problemstellungen den unterrichtlichen Prozess prägen, wobei neben der Anwendung des Erlernten vor allem der Fokus auf der Reflektion des individuellen Erkenntnisprozesses gelegt werden sollte. Dies unterstützt auch den dritten Aspekt der genannten transferförderlichen unterrichtlichen Faktoren, der Problemlösestrategien. Eine Reflektion des eigenen Lösungswegs abstrahiert diesen von dem zugrunde liegenden Kontext und mündet bei einer Vielzahl entsprechender Problemkontexte nicht nur in einem dekontextualisierten fachlichen Inhalt, sondern vielmehr in allgemeinen Problemlösestrategien. Ersteres bedarf sicherlich, insbesondere bei jüngeren Lernenden der Ordnungs- und Strukturierungshilfen durch den „Experten“, die Lehrperson. Auch die eigene Reflektion des Lern- und Lösungswegs stellt einen hohen Abstraktionsanspruch dar und bedarf sicherlich auch der konkreten Unterstützung durch geeignete methodische Maßnahmen und somit einer deutlich veränderten Unterrichtskultur. Jener „neuralgische Punkt“ zur Förderung der Transferkompetenz des Lernenden betont nochmals das Verständnis von Transfer, dass Wissen nicht an sich übertragen wird, sondern vielmehr dessen spezifische, situativ geprägte Nutzung. Das Erkennen von Analogien in der neuen Problemsituation im Vergleich zur Lernsituation stellt die erste Stufe des Transferprozesses auf der Modellebene des Konzept-Netzwerks dar. Daran anschließend sollte das Konzept-Netzwerk von der Lernsituation abstrahiert und anschließend in den aktuellen Problemkontext abgebildet werden.
Es sollte stets berücksichtigt werden, dass eine Differenzierung zwischen nahem und fernen Transfer, als eine eingehende Betrachtung der „Nähe“ zwischen Lern- und Anwendungssituation kaum objektiv eingeschätzt werden kann, da das Vorwissen und die bereits vorhandene Transferkompetenz des Lernenden eine solche Bewertung bedingen. Herausgestellt

werden sollte allerdings in diesem Zusammenhang, dass zum „Analogiebegründeten Transfer“ der Lernende strukturelle Ähnlichkeiten zwischen den Aufgabenkontexten erkennen muss, was sich für den „Laien“ als eine zentrale Herausforderung darstellt, um deklaratives als auch prozedurales Wissen zum erfolgreichen Transfer zu aktivieren. In diesem Zusammenhang wurde schon auf die Bedeutung der Reflektion des eigenen Lösungswegs hingewiesen und die in den Fallstudien angestrebten Maßnahmen. Dazu gehört aber auch die Gestaltung der Kontexte selbst, welche so z. B. im Sinne des storytelling-Ansatzes Impulse bzw. Assoziationen insbesondere auf emotionaler, motivationaler Ebene hervorrufen sollen, die wiederum auf erfolgreiche Problemlöseprozesse verweisen.

Als Forderungen für die Konzeption der hinsichtlich ihres transferfördernden Potentials zu evaluierenden Unterrichtseinheiten (Kapitel 3) ergeben sich aus den vorangegangenen theoretischen Betrachtungen:

- Kontextbasierung der fachlichen Inhalte im Rahmen authentischer, lebensweltlicher Problemstellungen („Nähe“ von Lern- und Anwendungssituation, um erfolgreichen Transfer zu forcieren)
- Berücksichtigung des Verständnisses des Lernprozesses als individuelle Konstruktion durch Artikulation des Konzept-Netzwerks des Lernenden und stete, methodisch eingeforderte Reflektion des eigenen Erkenntnisprozesses
- ein flexibles, auf neue Problemstellungen übertragbares und erweiterungsfähiges Konzept-Netzwerk soll ebenso wie allgemeine Problemlösestrategien als Grundlage erfolgreicher Transferprozesse durch wiederholte, hinsichtlich ihrer Komplexität und Offenheit variierender Kontexte entwickelt werden, indem Analogien zwischen den Problemstellungen herausgestellt werden
- Verständnis des Begriffs „Dekontextualisierung“ als Abstraktion des Wissens aus der Lern- bzw. Anwendungssituation heraus, wobei eine Phase der Dekontextualisierung zwar von der Wissensgemeinschaft geteilte Konzepte zu artikulieren vermag, der Prozess selbst jedoch im Sinne „Analogiebegründeten Transfers“ vom Lernenden durch Reflektion seines eigenen Lernwegs selbstständig geleistet werden kann und somit neben fachlichen Konzepten auch Heurismen abstrahiert werden
- zugrunde liegende Annahme für nachfolgende Fallstudien: strukturiertes Wissen im Sinne eines individuellen Konzept-Netzwerks bedingt Transferprozesse und wird durch diese (weiter-)entwickelt, wobei grundlegenden Konzepten (beispielsweise den „Basiskonzepten“ im Rahmen von CHiK) als Ordnungshilfen eine zentrale Bedeutung zukommt

- intrinsische Motivation des Lernenden als Voraussetzung erfolgreicher Lernprozesse wird durch Betonung von Selbstbestimmung, Autonomie, Kompetenz oder Wirksamkeit und soziale Eingebundenheit gefördert und im Rahmen der Fallstudien durch authentische, lebensweltliche Kontexte in methodischer Vielfalt berücksichtigt.

1.2.2 Transfer in kontextbasierten Lernumgebungen

Im nachfolgenden Teil der Arbeit sollen die didaktischen, kontextbasierten Konzeptionen von "Mathematik im Kontext" (MIC), PLON und „Chemie im Kontext" (CHiK) eingehender analysiert werden. Die Darstellung soll sich neben den didaktischen Phasen vor allem – entsprechend dem Fokus der Arbeit – auf transferunterstützende Elemente fokussieren, um somit die grundlegende, intendierte Modellvorstellung des Lern- und Transferprozesses formulieren zu können. Die Untersuchung der konkreten Konzeption beruht neben den vorliegenden Unterrichtsmaterialien insbesondere auf Interviews mit jenen, die den jeweiligen didaktischen Ansatz theoretisch prägten und entwickelten, so dass in diesen Fällen auf eine Anonymisierung in Rücksprache mit den Interviewten verzichtet werden soll.

Im Falle der unmittelbar folgenden Darstellung von MIC findet sich zudem eine eigenständig entwickelte und erprobte Unterrichtseinheit der Primarstufe, anhand derer die Besonderheiten des Ansatzes noch deutlicher hervorgehoben werden sollen. Mit ebenjener Konzeption beginnt der nachfolgende Teil der Arbeit, da dieser Ansatz neue Perspektiven vor dem Hintergrund aktueller Lehr-Lern- als auch Transfertheorien für den didaktischen Ansatz „Chemie im Kontext" bietet. Nach dieser didaktischen Konzeption wird dann mit PLON eines der ältesten, kontextbasierten Unterrichtsverfahren skizziert. Diese Konzeption aus der Didaktik der Naturwissenschaften kann als Vorgänger von CHiK verstanden werden, so dass neben Parallelen in den Unterrichtsphasen die Identifikation möglicher Defizite bezüglich der Transfer- als auch Problemlösekompetenz der Lernenden und der damaligen didaktisch-konzeptionellen Reaktion Rückschlüsse bezüglich transferunterstützender Elemente in CHiK zulassen sollte.

1.2.2.1 Das Verständnis und die Förderung von Transfer im didaktischen Ansatz von „Mathematik im Kontext"

Der didaktische Ansatz von „Mathematik im Kontext" wurde ebenso wie die Konzeption PLON in den siebziger Jahren am Freudenthal Institut der Universität in Utrecht entwickelt und stellte eine Revolution im Mathematikunterricht zunächst der Niederlande dar, wo es als „Realistic Mathematics Education" (RME) entwickelt wurde (s. Interview mit Dekker Mai 2008 sowie Treffers in Streefland 1991 und van den Heuvel-Panhuizen 1996, S. 9): *„It was at this confluence of four separate currents - the prevailing mechanistic trend in Dutch education, the empirical trend, the structuralistic trend, and the New Math approach – that*

the Dutch reform movement developed. "[43] Der neuartige Ansatz kontextbasierten Mathematikunterrichts wurde später, aufgrund des im Folgenden skizzierten erfolgreichen didaktischen Konzepts (Treffers in Streefland 1991), auch in England und den USA adaptiert (s. Interview mit Dekker Mai 2008).

Um das Konzept als „spektakuläre Revolution" (Treffers in Streefland 1991) verstehen zu können, bietet sich ein Vergleich zum traditionellen Mathematikunterricht an. Ein Blick in gängige Schulbücher des Gymnasiums genügt, um die Dominanz der Algorithmen, bzw. der Fachsystematik zu erkennen. Es wird ein Unterricht suggeriert, der zunächst ein Fundament des zu erlernenden Fachinhalts „Stein für Stein" vielfach kontextlos – meint, ohne reale, authentische Bezüge zur Welt der SchülerInnen und somit ohne echte Motivation zur Auseinandersetzung - aufbaut. „Plantagenaufgaben" sollen der Einübung eines Algorithmus dienen, der anschließend als Werkzeug Verwendung finden soll, um komplexere Problemstellungen, oftmals zielgerichtete Textaufgaben, zu bearbeiten (s. Interview mit Dekker Mai 2008). Eine solche unterrichtliche Struktur veranschaulicht die nachfolgende Abbildung (Realistic MathematicsEducation: http://www.mei.org.uk; Zugriff: 5.02.2011, 18:45 Uhr):

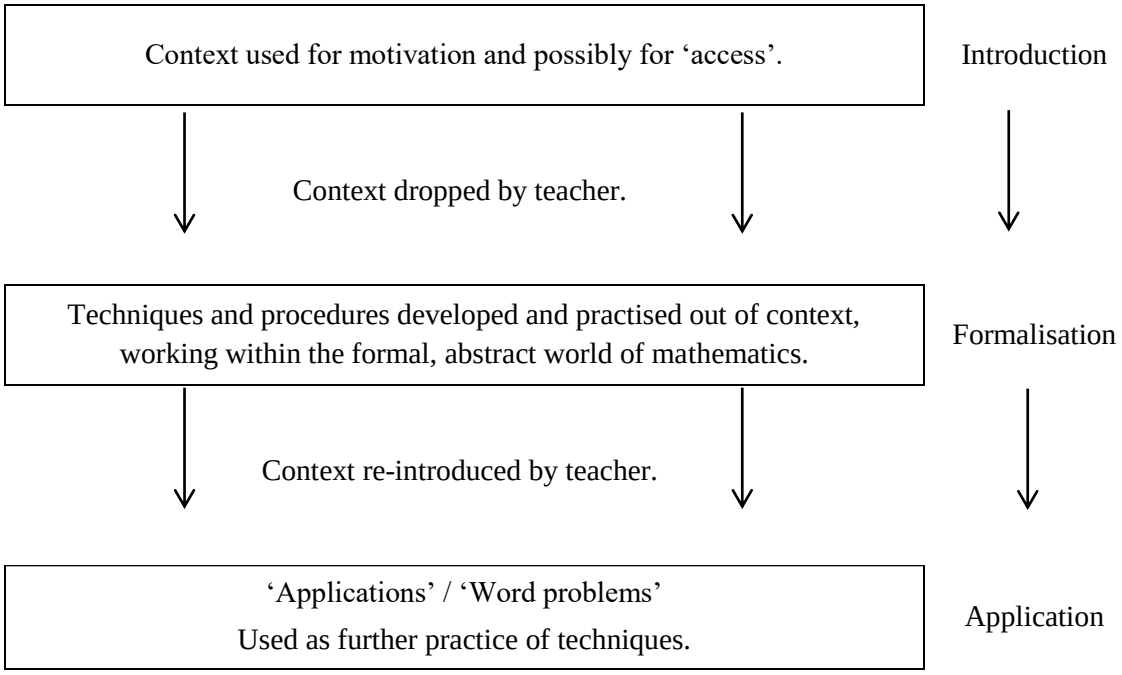


Abbildung 4: Struktur eines typischen Unterrichtsgangs des Mathematikunterrichts in England, welcher sich sicherlich auch vielfach in Deutschland skizzieren lässt

[43] Für vertiefende Einblicke in die Entwicklung von RME ist insbesondere (van den Heuvel-Panhuizen 1996) geeignet.

Doch genau an diesem Punkt scheitern viele SchülerInnen. Der Transfer des zuvor Erlernten auf neue Problemstellungen kann nicht geleistet werden, wie internationale Studien mit großer Dringlichkeit gezeigt haben (u. a. TIMSS). Entsprechend Freudenthals Ansicht, vermögen an der Fachsystematik orientierte Curricular und hierauf basierende Unterrichtsgänge keineswegs den direkten Transfer mathematischer Inhalte in die Köpfe der Lernenden zu leisten (van den Heuvel-Panhuizen 1996). So scheitern die SchülerInnen bereits in der Anwendung vermeintlich erlernter mathematischer Inhalte in einfachsten Situationen (van den Heuvel-Panhuizen 1996, S. 11): *„[...] this comes from placing the cart before the horse [...].“* Ein Vergleich traditioneller Unterrichtsmaterialien (mechanistic textbooks) mit „realistic textbooks“ lässt sich wie folgt resumieren (Treffers in Streefland 1991, S. 11-12): *„[...] different in regard to the learning material, the composition of the learning strands and the place, the nature and the extent of applications or context problems. [...] point of departure is more the informal context-bound working methods of children, by way of model situations, models, schemes, and symbols there is a gradual shift to a more formal approach, with more room for interaction and reflection.”*

Freudenthals Überzeugungen prägen den didaktischen Ansatz und formten sein Fundament (van den Heuvel-Panhuizen 1996, S. 10): *“[...] mathematics must be connected to reality, stay close to children and be relevant to society in order to be of human value.”* Die Mathematik sollte somit nicht von der Fachsystematik dominiert gesehen werden, sondern vielmehr als “human activity”. Freudenthal führt dazu in (van den Heuvel-Panhuizen 1996, S. 10) aus: *„What humans have to learn is not mathematics as a closed system, but rather as an activity, the process of mathematizing reality and if possible even that of mathematizing mathematics.”* Dieses Zitat unterstreicht die besondere Bedeutung des Kontextes im vorliegenden Ansatz, indem dieser die Bedeutung der Fachwissenschaft in der Lebenswelt herausstellt und die Grundlage für einen Prozess mathematischer Modellierung darstellt (s. Interview mit Dekker Mai 2008).

Die nachfolgend dargelegte Analyse hebt entsprechend der Intention der Arbeit auf den Transfergedanken im didaktischen Ansatz von „Mathematik im Kontext“ ab, das zugrunde liegende Verständnis von Transfer als lehr-lernpsychologisch geprägtem Begriff, sowie die Unterstützung und Förderung des Transfervermögens der Lernenden als immanenten Bestandteil eines erfolgreichen Lernprozesses. Die Untersuchung basiert neben der Analyse des vorhandenen Unterrichtsmaterials, auf zwei mit Truus Dekker als Didaktikerin geführten

Interviews[44], Einblicke in den Unterricht im Rahmen von Forschungsaufenthalten an der Manchester Metropolitan University und der University of Colorado, Lehrerfortbildungen und weiteren Gesprächen, so z. B. mit David Webb vom Freudenthal Institut der University of Colorado.

Der didaktische Ansatz von „Mathematik im Kontext" (MIC) basiert auf den theoretischen Grundlagen von „Realistic Mathematics Education" (RME), so führt Truus Dekker aus, dass MIC letztlich für den amerikanischen Markt realisiert wurde (s. erstes Interview, S.1, Z. 6 ff.): *„[…] so it is based upon the standards from the NCTM, the national council for teachers of mathematics […]".* Um die Begriffe MIC und RME voneinander abzugrenzen, bzw. einordnen zu können, kann somit festgehalten werden, dass es hinsichtlich des didaktischen Ansatzes keinerlei Unterschiede gibt. Es handelt sich bei MIC lediglich um eine curriculare Anpassung an die Vorgaben in den USA, so dass im Folgenden von MIC gesprochen werden wird (s. erstes Interview, S. 1, Z. 9 ff.).

Ein zentrales lehr-lerntheoretisches Prinzip ist die Eigenständigkeit des Lernenden bzw. die Selbstständigkeit im Problemlöse- und Erkenntnisprozess (s. erstes Interview, S. 1, Z. 14 ff.). Truus Dekker führt einen mathematischen Problemlöseprozess, eine mathematische Modellierung als zentrales Element einer MIC-Einheit aus. Aus dem Problem selbst erwächst die Notwendigkeit zur Erarbeitung mathematischer Inhalte. Der Kontext dient somit als Ausgangspunkt mathematischer Modellierung und zugleich als Legitimation des zu erarbeitenden mathematischen Inhalts, welcher sich als Werkzeug zur Lösung der dargelegten Problemstellung zeigt („need to know – principle") (s. Interview mit Dekker Mai 2008): *„There is a need to develop more mathematics […] more mathematical tools."* Mathematische Konzepte bzw. Fachinhalte werden dadurch kontextbasiert eingeführt bzw. erweitert (s. erstes Interview, S.1, Z. 20-22): *„[…] we want them to get into those bumps in the road and then they start thinking how can I solve this problem, because we want them to think for themselves and not repeat the teachers thinking."* Dies unterstreicht die Betonung individueller Erkenntnisprozesse und Wege („guided reinvention"), wie es sich letztlich aus der konstruktivistischen Sichtweise auf Lehren und Lernen ableiten lässt. Dem im Mittelpunkt stehenden Kontext können dabei unterschiedliche Rollen bzw. Funktionen zugewiesen werden (s. erstes Interview, S. 1 ff., Z. 50 ff.). *„[…] "context" as a kind of application, so you first do the theory and then in the end you have a context-problem, where you apply the things that you have learned within mathematics. That is one role of the context, it is not*

[44] Bei den Interviewzitaten handelt es sich um Aussagen T. Dekkers außer es ist explizit ein anderer Name genannt.

an unimportant role, but it is only one role." (s. auch erstes Interview, S. 2 ff., Z. 2 ff.) Diese erste Definition Dekkers trifft sicherlich sehr gut die Situation, welche sich vielfach in deutschen Mathematikbüchern und darauf basierendem Unterricht finden lässt, sowie das Verständnis der Rolle des „Kontextes" in PLON wie sie nachfolgend noch eingehender betrachtet werden wird. Der zuvor erarbeitete mathematische Algorithmus findet Anwendung in einer mehr oder minder authentischen Problemsituation, so dass dem Kontext die Rolle einer Legitimationsbasis des zuvor Erarbeiteten zukommt[45].

Die Rolle des Kontextes in MIC-Einheiten wird wie folgt dargelegt (s. erstes Interview, S. 2, Z. 5 ff.): *„You could also start with a context and use the context itself as a starting point to study new mathematics, because what we like students to do in "Realistic Mathematics Education" is understand why you are doing something. So you give them a problem, they can´t solve, so we ask them to think about that, let´s say how medicine will dissolve in your blood stream, what happens then. And let´s say well it starts with a whole amount and of course after a few hours it will be less and less still present in your blood. So can we describe that? Then we try to make a mathematical model of that situation and that might be a new mathematical model, so something they haven´t studied yet, like exponential functions. And then based upon that example you start to study new mathematics and of course in the end you go back. So that is abstract mathematics, because within the model you use the abstract mathematics."* Dekker beschreibt hier einen Prozess mathematischer Modellierung, in welchem neue mathematische Fachinhalte in einem Kontext erarbeitet werden und zugleich Anwendung erfahren. Das „need to know"- Prinzip resultiert also aus der Problemsituation selbst. Dabei stellt sich der Fachinhalt zunächst als kontextgebunden, als "model of" der Situation dar, welches zu einem „model for" nachfolgend Abstraktion erfährt durch die Anwendung und Erweiterung in weiteren Problemsituationen[46] (s. erstes Interview, S. 2, Z. 21-22): *„[…] so you look at more different contexts, because this context is described by the mathematical model, then you have another context but the mathematics will be the same."* Die Wahl der Kontextabfolge scheint hier wohldefiniert, wobei die Aussagen Stark et al. Berücksichtigung finden, welche eine gleiche Tiefenstruktur zwischen den gewählten Lern-

[45] *"[…] what is the use of learning new things if the only thing you learn is to use new mathematical tools, because that is what most mathematics teachers are doing. You are learning your students to use mathematical tools. It is like becoming a carpenter and just learning how to use a hammer and nails and never making this nice little […] table or whatever. So we shouldn't just learn new mathematical tools but it should be understood for students that there is a need to develop a new mathematical tool, because the tools you have until now are not suitable for this problem."* (s. erstes Interview, S. 3, Z. 3-9)

[46] Die Begriffe „Kontext" und „Problemsituation" werden von Dekker synonym verstanden (s. erstes Interview, S. 2, Z. 42 ff.).

kontexten fordern, wie sie im Zitat anklingt (vgl. Kapitel 1.2.1). Die Problemsituationen einer Einheit variieren somit in der thematischen Einbettung, nicht jedoch im zugrunde liegenden fachlichen Konzept, wie es Stark et al. für positive Transferergebnisse als notwendig formulierten.

Der Aufbau des Erkenntnisprozesses kann in der Abfolge Kontext, „model of", „model for" und letztlich dem Begreifen einer formalen Ebene skizziert werden. Die Entwicklung eines „model for" ergibt sich aus dem Erkennen von Analogien in differierenden Kontexten angewandten „models of" der Situation, so dass ein Transferprozess insbesondere auf der Ebene des „model of" stetig eingefordert wird (s. hierzu auch die Ausführungen in Holt, Rinehart & Winston 2006, Teachers Implementation Guide).

Die Abstraktion mathematischer Inhalte basiert somit auf der Erkenntnis von Analogien verwendeter „models of" von Seiten des Lernenden, wobei dies der Unterstützung durch die Lehrperson bedarf (s. erstes Interview, S. 2, Z. 22-23): "*That is not something that is very easily understood by students, […] what they start to do is treat every context-problem on its own, as if it is an entirely new problem."* In diesem Prozess lässt sich bereits ein Transfergedanke finden im Sinne eines Transfers des in einem Kontext erarbeiteten Fachinhalts in eine neue Problemsituation (s. erstes Interview, S. 2, Z. 29 ff.): *"So you have this context-problem you make a mathematical model and you solve the problem within the model and then you translate back to, because you have a solution there and you have to translate it back to the original situation because you want to know can I use these solutions within this realistic, more or less realistic situation."* Wie bereits in Kapitel 1.2.1 ausgeführt, wird der „Mythos vom Transfer" nur dann Realität, wenn nicht nur das zu transferierende Wissen erlernt wird, sondern vielmehr das Transferieren selbst im Unterricht geübt wird. In diesem Zusammenhang unterstreichen insbesondere Stark et al. die Bedeutung multipler Kontexte.

Hinsichtlich der Mathematisierung differenziert Treffers zwischen „horizontaler" und „vertikaler" Mathematisierung (van den Heuvel-Panhuizen 1996, S. 11): *„[…] in horizontal mathematization, the students come up with mathematical tools to help organize and solve a problem located in a real-life situation. Vertical mathematization, on the other hand, is the process of a variety of reorganizations and operations within the mathematical system itself."* "Horizontal mathematization" meint somit die Entwicklung und Anwendung mathematischer Werkzeuge, um ein vorliegendes authentisches Kontextproblem (nicht zwingend lebensweltlicher- vielmehr auch innermathematischer Art) zu lösen, wohingegen „vertical

mathematization“ den Entwicklungsprozess auf domainspezifischer Ebene begreift und somit „moving within the world of symbols“.

Die hiermit verknüpften individuellen Verständnisebenen der Lernenden reichen von einer im mathematischen Sinn formlosen Problemlösung, über verschiedenartigste Ebenen der Schematisierung, bis hin zum Erkennen zugrunde liegender Prinzipien und mathematischer Algorithmen durch den Einsatz einer Vielzahl geeigneter Kontexte („progressive schematization“) und ermöglichen eine effektive Binnendifferenzierung (van den Heuvel-Panhuizen 1996). In Anlehnung an konstruktivistische Lehr-Lern-Theorien unterstreicht der vorliegende Ansatz somit in besonderer Weise die Aktivität der Lernenden, indem sie auf der Grundlage des Kontextes mathematische Inhalte erarbeiten und anwenden (Freudenthal´s „reinvention principle“) (van den Heuvel-Panhuizen 1996). Die nachfolgende Abbildung skizziert nochmals den dargelegten Erkenntnisprozess (Realistic Mathematics Education: http://www.mei.org.uk; Zugriff: 05.02.2011, 18:45 Uhr).

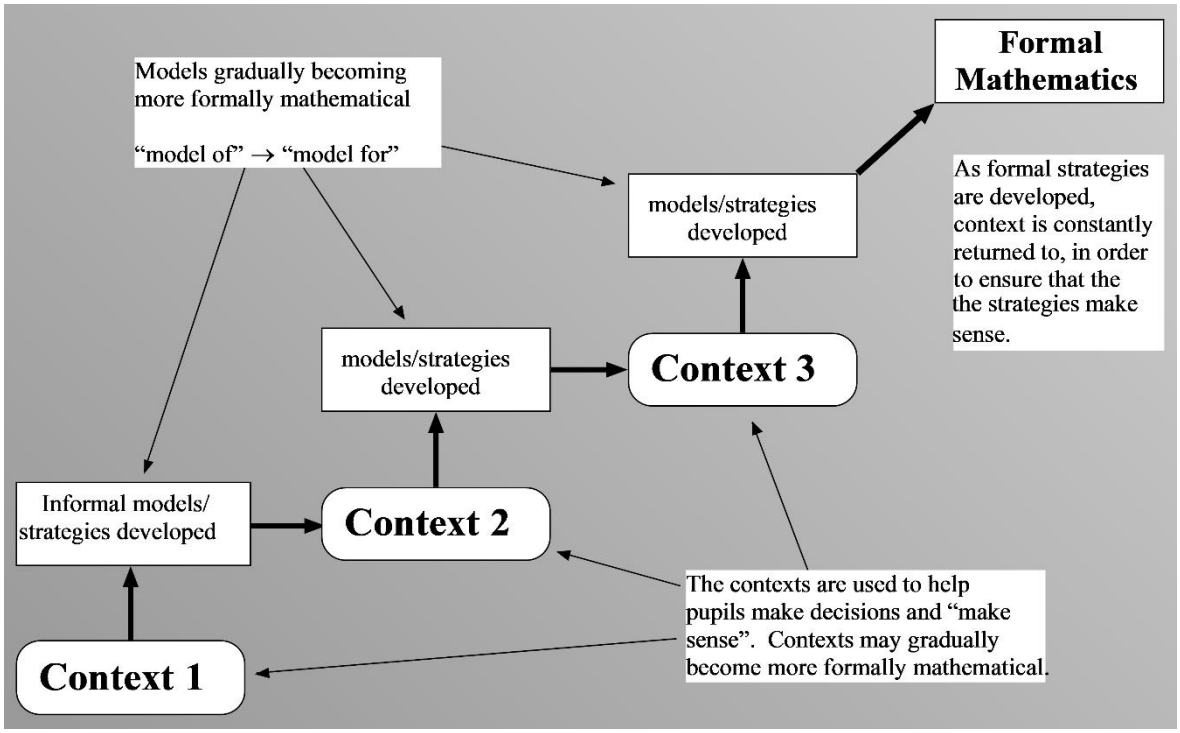


Abbildung 5: Funktion der Kontexte in einer „Mathematik im Kontext“-Einheit unter Berücksichtigung der Entwicklung mathematischer Kompetenz

Im MIC-Ansatz findet sich somit die Umsetzung „Analogiebegründeten Transfers“, sodass der Lernende im Erkennen von Analogien über unterschiedlichste Problemstellungen hinweg nicht nur Schwerpunkte des Konzepts erkennt, sondern zudem das eigene Konzept-Netzwerk Flexibilisierung erfährt. Von entscheidender Bedeutung sind hierbei die Kontexte selbst (van den Heuvel-Panhuizen 1996, S. 12): *„Rather than beginning with certain*

abstractions or definitions that are to be applied later, one must start with rich contexts demanding mathematical organization or, in other words, contexts that can be mathematized."

Die dazu verwendeten Kontexte[47] werden neben lebensweltlichen "Realproblemen" auch in innermathematischen Fragestellungen gesehen, wobei zentral eine für die Lernenden erkennbare Problemsituation ist (s. erstes Interview, S. 2, Z. 34-37 und S. 2, Z. 42-50). Webb spricht in diesem Zusammenhang auch von einer Entwicklung „mathematical literacy"[48]. In diesem Verständnis eines Kontextes stellt sich ein grundlegender Unterschied zur Definition in der Konzeption von CHiK dar, welche nachfolgend betrachtet wird.

Dekker stellt ein ebenso der PISA-Studie zugrundeliegendes Modell heraus – das „Pyramiden-Modell". Sie führt dazu aus (s. erstes Interview, S. 5, Z. 33 ff.): *„[...] the lowest level that is a reproduction, [...] the second level that is integration, so integrate information from different sources to solve the problem, so maybe from a table, or from a story, or from a graph or whatever and at the same time choose your own mathematical tool, so you are not telling a student you have to solve this problem using the Pythagoras Theorem but you have to solve this problem and then find your own mathematical [...]"* Das Zitat verweist auf die Aussagen Ausbubels und Robinsons (vgl. Kp. 1.2.1), insbesondere jene zweite Stufe, die als „sequentieller Transfer" verstanden werden kann und die notwendige Konstruktion mentaler Modelle. Es wird postuliert, dass eine solche Abstufung, eine Flexibilisierung im Umgang mit den erlernten „mathematischen Werkzeugen", nur durch wiederholte Problemlösesituationen innerhalb des Unterrichts geleistet werden könne. Dies findet sich in der didaktischen Struktur von MIC insofern umgesetzt, als dass eine Einheit vielfältige Problemsituationen aufweist, welche der Erarbeitung, Anwendung und Abstraktion mathematischer Inhalte dienen. Transferleistungen des Erlernten werden also im Ansatz von MIC durch wiederholte Übung der Anwendung mathematischer Inhalte in Problemsituationen und damit verbunde-

---

[47] *"Meyer (2001) distinguishes five different roles of the context: (a) to motivate, (b) for application, (c) as a source of mathematics, (d) as a source of solution strategies and (e) as an anchor for student understanding."* (de Lange 1999, S. 27)

[48] *"The aim of mathematics education is to help students become mathematically literate. This means that the individual can deal with the mathematics involved in real world problems (i.e. nature, society, culture—including mathematics) as needed for that individual's current and future private life (as an intelligent citizen) and occupational life (future study or work) and that the individual understands and appreciates mathematics as a scientific discipline."* (de Lange 1999, S. 3)

"Mathematicians, understand, exert well-founded judgment about, and act toward the roles that mathematics plays in dealing with the world (i.e. nature, society, and culture)—not only as needed for that individual's current and future private life, occupational life, and social life with peers and relatives but also for that individual's life as a constructive, concerned, and reflective citizen." (de Lange 1999, S. 11)

nen Prozess mathematischer Modellierung unterstützt und eingefordert. Das Abstraktionsniveau hinsichtlich des Kompetenzniveaus angewandter mathematischer Inhalte weist dabei Elemente von Binnendifferenzierung im Sinne angesprochener Modellebenen („model of“, „model for“) auf und erleichtert der Konzeption nach gerade dadurch den Transfer des Erlernten in neue Problemsituationen, in neue Kontexte, da über jene einzelnen Abstufungen des Inhalts auch unterschiedliche Zugangsebenen zum Kontext für den Lernenden bereitstehen. Diese Zugangsebenen könnten im Sinne Ausubels und Robinsons als fachliche „Ankerideen“ verstanden werden (vgl. Kp. 1.2.1). In analoger Weise zu den formulierten Argumentationsebenen der Fachwissenschaft Chemie können ebenjene als entscheidend für die Bildung eines kohärenten Konzept-Netzwerks nach Mayer verstanden werden (s. Kapitel 1.2.1).

Die Fachwissenschaft wird in ihrer Genese aus dem Anwendungszusammenhang heraus begriffen und didaktisch aufbereitet. Im vorliegenden mathematischen Ansatz findet sich somit keine „Phase der Dekontextualisierung“ im Sinne einer Zusammenfassung kontextbasiert erarbeiteter Inhalte oder gar der Darlegung von Algorithmen. Damit wendet sich die didaktische Konzeption deutlich gegen die Ansätze u. a. Volets, der die Bedeutung lehrerzentrierter Formen zur Unterstützung von Transferleistungen unterstrich und dabei insbesondere eine Phase der Dekontextualisierung rechtfertigte. Das situativ erworbene Wissen sollte dadurch vom Kontext gelöst und als generelle Konzepte durch den Lehrenden präsentiert bzw. der Fachinhalt selbst strukturiert werden. Dies wird in der didaktischen Konzeption von MIC zugunsten der Selbstständigkeit und Eigenverantwortlichkeit des Lernenden in seinem individuellen Lernprozess als Konstruktion der Problemsituation verneint und soll durch Analogieerkenntnis des Lernenden über vielfältige Problemstellungen hinweg geleistet werden. Wie bereits in der Theorie ausgeführt, bedarf erfolgreicher Transfer auch einer Verknüpfung erlernter Konzepte, die aufgrund ihrer individuellen Anlage nicht zentral generell dekontextualisiert werden können – dies vermag nur der Lernende selbst im Analogieschluss durch Erfahrung in unterschiedlichsten Kontexten und effektiver Problemlösung zu leisten. Adams, Solomon und Perkins betonen ebenfalls die Selbstständigkeit des Lernenden im Prozess der Anwendung von Denk- und Problemlösestrategien in verschiedensten Problemkontexten, wodurch letztlich eine Abstraktion im Sinne einer Dekontextualisierung vom Lernenden individuell geleistet werden kann als Grundlage für weitere Transferprozesse (s. Kapitel 1.2.1).

Die Lernenden sollten am Ende einer solchen Einheit durch das Erkennen von Analogien in den Problemlöseprozessen ein individuelles und durch zahlreiche kontextbasierte Anwendungen flexibilisiertes Konzeptnetzwerk des mathematischen Inhalts der Einheit erarbeitet haben. Diese sollte sie nun in die Lage versetzen eigenständig Problemstellungen zu finden bzw. zu formulieren (s. erstes Interview, S. 8, Z. 25-27): *„If you can make your own problem about that unit or that chapter, then you really understood the mathematics within […]"* (Dekker, Querelle & van der Boer 2008, Kapitel 5): *„By doing this type of problem in different contexts, we hope students will generalize and find out that this is basically the same mathematical content, though the problems do look different. And that is an important skill for students of all age groups."* Die Herausforderung für den lernenden „Laien" besteht also in der Differenzierung zwischen struktureller Ähnlichkeit und Oberflächenähnlichkeit.[49]

In einem solchen Lehr-Lernprozess fällt dem Lehrenden insofern eine zentrale Rolle zu, als dass er auf die individuelle Konzept-Entwicklung hinweisen sollte, ebenso wie auf die Einbettung neu erlernter Konzepte in das bereits bestehende mathematische Konzeptnetzwerk des Lernenden (s. erstes Interview, S. 10, Z. 6-10): *„[…] that is your role to make that development of the concepts explicit, because that won´t be explicit for the students. So you have to show them this is the mathematical building we are developing here and look here it is based upon what we did last year or we…it is based upon something you have done earlier. […] So that is your role, because that is something the students can´t do. So you have to show how this building develops."* Es geht also in der Konzeption nicht darum als Lehrender die Verallgemeinerung zu übergeordneten Konzepten zu leisten, sondern vielmehr Verknüpfungen innerhalb der mathematischen Konzepte aufzuzeigen.

[49] *„[…] there is not only one context here, you might have several here. […] And then you show how the mathematical content in the different contexts is the same."* (s. Interview Dekker Mai 2008)

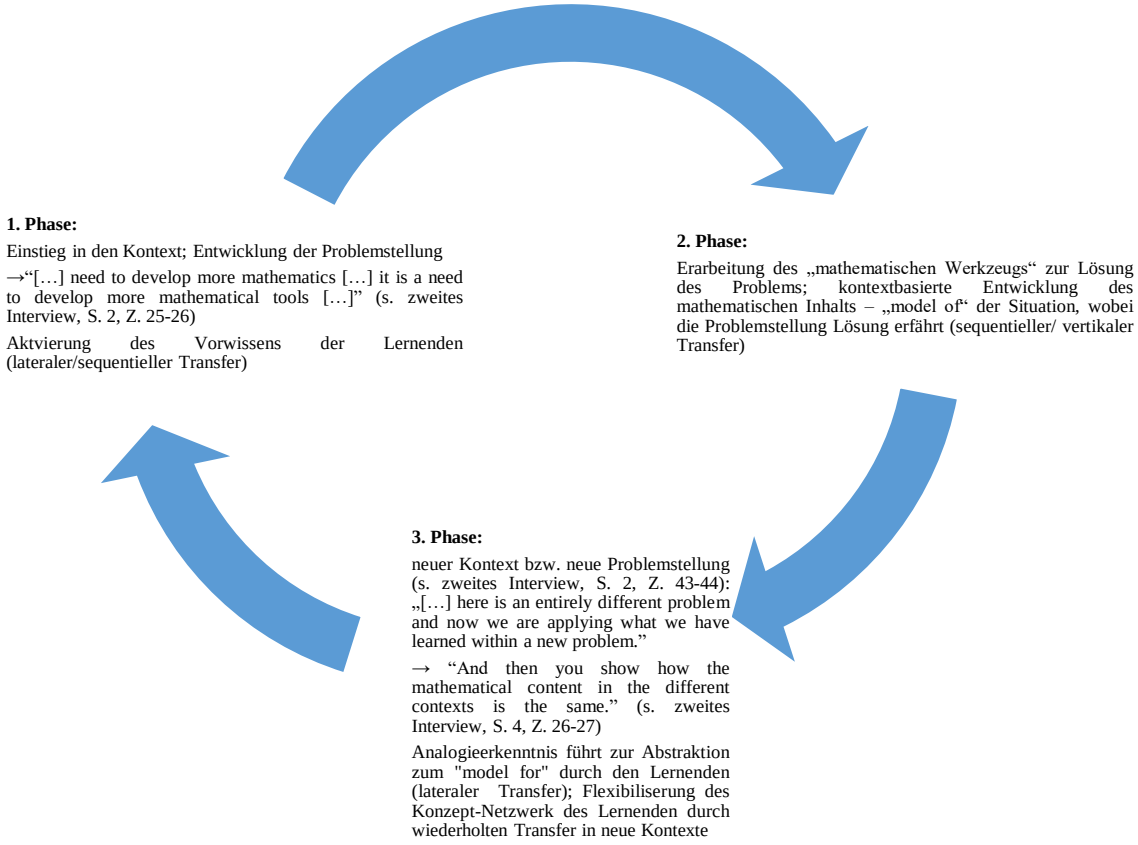


Abbildung 6: Struktur einer MIC-Einheit

Wie bereits zuvor aufgezeigt, finden sich in einer solchen Einheit verschiedenste Transferprozesse und Ebenen der Transferunterstützung, welche die nachfolgende Abbildung zusammenfasst.

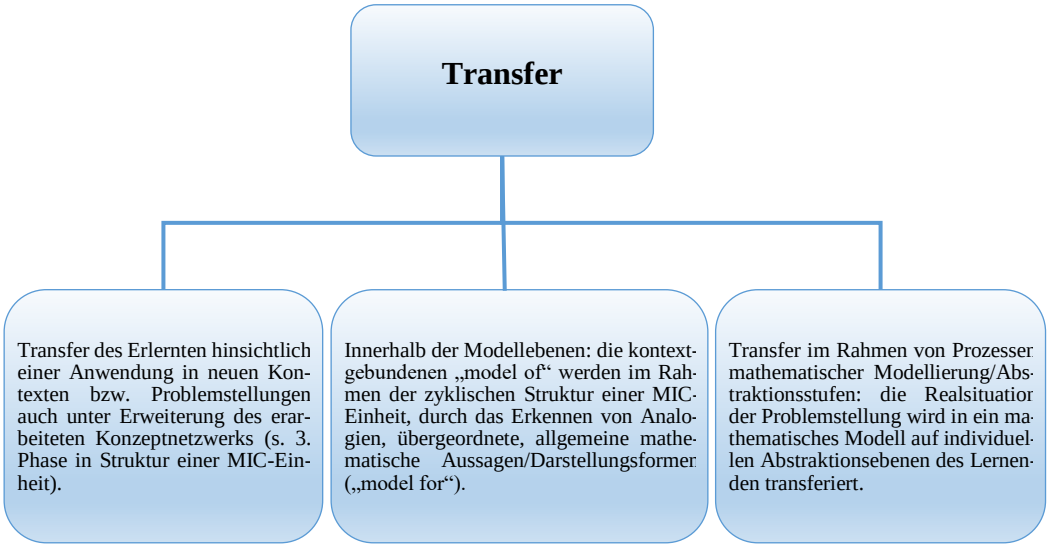


Abbildung 7: Transfer in einer „Mathematik im Kontext"-Einheit

Die drei in Abbildung 7 dargestellten Ebenen des Transfers in einer MIC-Einheit stellen differenzierte Blickwinkel auf den Unterricht dar und zudem eine Abstufung hinsichtlich der Tiefe eines Modells zur Konzeptentwicklung beim Lernenden. Während sich der erste Punkt auf die Struktur einer Einheit bezieht und damit einen übergeordneten Blick des Transfers des erarbeiteten, individuellen Konzeptnetzwerks in neue Problemstellungen darstellt, findet sich ein vertiefter Blick in den zwei nachfolgenden Kategorien.

Die zuvor bereits schon mehrfach skizzierte Entwicklung im Rahmen des mathematischen Konzepts vom „model of" zum „model for" kann nicht nur als Resultat der Transferprozesse im Übergang zu neuen Problemstellungen und Kontexten verstanden werden, findet sich doch auch hier ein Transferprozess.[50] Das kontextgebundene „model of" wird zur Problemlösung wiederholt angewandt und somit transferiert, wobei das zentrale Element die kontextunabhängige Entwicklung zum „model for" darstellt. Notwendig hierbei ist ein Transferprozess, der das Erkennen von Analogien unterstützt (Thiede, Brendefur, Osguthorpe, Carney & Bremner 2015, S. 11): *„By thinking and talking about similarities and differences between arithmetic procedures, students can construct relationships between them…the instruction is not necessarily to inform one procedure by the other but, rather, to help students build a coherent mental network in which all pieces are joined to others with multiple links."*

Aus einem so angelegten Lernprozess sollte somit ein flexibles und individuelles Konzeptnetzwerk resultieren, welches hinsichtlich eines Problemlöseprozesses erfolgreich eingesetzt werden kann. Dabei wird stets ein Transfer der Realsituation in ein mathematisches Modell eingefordert, eine Mathematisierung der Problemstellung[51] im Kontext.[52] Zur erfolgreichen Lösung dieser ziehen die Lernenden ihrem Leistungsstand entsprechende Abstraktionsebenen hinzu, die im Sinne Bruners als enactiv, ikonisch und symbolisch charakterisiert bzw. als informal, pre-formal, formal unterschieden werden können. Die angesprochenen Ebenen

[50] Stets klingt die Rolle der „Models" im Sinne einer Binnendifferenzierung an: *„Models also allow students to work at differing levels of abstraction, so that those who have difficulty with more formal notions can still make progress and will still have strategies for solving problems."* (aus: http://www.mei.org.uk 05.02.2011, 18:45 Uhr, Realistic Mathematics Education)

[51] *"Mathematization […] is organizing reality using mathematical ideas and concepts."* (de Lange 1999, S. 17)
"Thus the process of mathematization plays out in two different phases. The first is horizontal mathematization, the process of going from the real world to the mathematical world. The second, vertical mathematization is working on the problem within the mathematical world (developing mathematical tools in order to solve the problem). Reflecting on the solution with respect to the original problem is an essential step in the process of mathematization that quite often does not receive proper attention." (de Lange 1999, S. 18)

[52] *"Essential to mathematical literacy is the ability to mathematize a problem."* (de Lange 1999, S. 17)

bedingen sich somit nicht nur, sie unterstützen sich gegenseitig, wodurch erfolgreiche Transferprozesse durch mehrfach differenzierte Fachinhalte in der dargestellten Weise gefördert werden sollen.

Zusammenfassend dominiert Freudenthals „reinvention principle“ im Rahmen einer Mathematisierung kontextbasierter Problemstellungen die vorliegende didaktische Konzeption („Mathematics as a Human Activity“). Es sollten somit nicht mathematische Algorithmen als Endpunkt der Fachwissenschaft Ausgangspunkt für einen mathematischen Lernprozess sein („antididactical inversion“), sondern vielmehr die Genese selbst im Mittelpunkt stehen, wodurch auch die Fähigkeit der Lernenden Transfer zu leisten unterstützt wird, da sie durch vielfältige kontextuelle Einbettung ein flexibleres Konzeptnetzwerk erreichen (s. hierzu Präsentation Koeno Gravemeijer: „Helping students construct more formal mathematics“ Boulder 2011). Ein solcher Ansatz betont zudem die zentralen Ideen des Konstruktivismus, geht es doch um „construction instead of instruction“.

„Mathematik im Kontext“ wird der Forderung das Transferieren in den Unterricht zu integrieren gerecht, indem es jenes in Kp. 1.2.1 angeführte „Training“ der kognitiven Aktivität des Lernenden in wechselnden Kontexten aufgreift, wodurch mentale Modelle situativ abhängig konstruiert werden. Dies findet sich auch in den Forderungen Simons nach einer Vielzahl unterschiedlichster kontextbasierter Problemsituationen zur Anwendung des Erlernten als auch zur Reflektion des eigenen Lösungswegs, wobei er den Begriff einer „Transferkultur“ prägt. Auch Konrad betont die Bedeutung multipler Kontexte, um „träges Wissen“ zugunsten möglichen Transfers einzudämmen (s. Kapitel 1.2.1). Die der Konzeption zugrunde liegende Vorstellung vom Konzept-Netzwerk deckt sich mit Bruners Ansichten, der die kognitive Struktur nicht nur auf Wissen und Regeln beschränkte, sondern auch auf Problemlösestrategien, die nur im Kontext erlernt und flexibilisiert werden könnten (s. Kapitel 1.2.1).

Die hierzu notwendige Flexibilisierung kann auf eine Treppenstruktur bei MIC zurückgreifen, die unterschiedliche kognitive Ebenen des mathematischen Abstraktionsniveaus zur Problemlösung vorsieht und somit als solche bereits als Transferleistung aufgefasst werden kann. Entsprechend der „Generalisierungstheorie“ verzichtet die didaktische Struktur von MIC auf eine konkrete Phase der Dekontextualisierung, sondern nutzt vielmehr die zahlreichen Kontexte, um daraus Verallgemeinerungen und mathematische Regeln sowie Prinzipien abzuleiten (vgl. Kp. 1.2.1). Entsprechend Gagnés, der ebenfalls die Notwendigkeit einer Phase der Dekontextualisierung verneint und für den sich vielmehr zur Steigerung der Transferkompetenz die Bedeutung „in einer möglichst großen Vielfalt von Situationen“ sieht, in

denen Transfer eingefordert wird (s. auch Befunde Penningtons et al. zur Nutzungsspezifität prozeduralen Wissens). MIC setzt die Vorstellung um, dass bei einem Transferprozess nicht Wissen an sich übertragen wird, „sondern die bereichs- und fertigkeitsspezifische Nutzung dieses Wissens“ (vgl. die Ausführungen in Kapitel 1.2.1).

Zusammenfassend kann bezugnehmend auf die drei zentralen Bedingungsfaktoren erfolgreichen Transfers nach Alexander und Murphy - Fachwissen, kognitive und metakognitive Strategien und Motivation – festgestellt werden, dass in der didaktischen Konzeption auch letztgenannter Aspekt Umsetzung erfährt, so durch die Wahl des Kontextes als auch in besonderer Weise durch die Selbstständigkeit und Eigenverantwortlichkeit des Lernenden in seinem eigenen Lernprozess (s. Kapitel 1.1.2 zur „Selbstbestimmungstheorie der Motivation“ nach Deci und Ryan). Erfolgreiche Transferprozesse basieren auf einem zusammenhängenden, kohärenten Konzept-Netzwerk, welches der Lernende durch eine wohldefinierte Abfolge im Rahmen „Analogiebegründeten Transfers“ individuell ebenso entwickelt wie ein flexibles Repertoire an Lern- und Problemlösestrategien.

Simons führt neben dem Fachwissen auch Lösungsstrategien und Ansätze zur Selbstkontrolle als zu transferierende Aspekte an und benennt als entscheidend die kritische Reflektion des eigenen Lösungswegs. Jüngst bezeichnet dies als „neuralgischen Punkt“, um Hauptschritte des Problemlöseprozesses zu erkennen und somit flexibel auf neue Problemstellungen transferieren zu können (s. Kapitel 1.2.1). Die konkrete methodische Umsetzung eines solchen Vorgehens soll im Rahmen einer exemplarischen, für die Grundschule konzipierten MIC-Einheit nachfolgend ausgeführt werden.

Konkretisierung des didaktischen Ansatzes von “Mathematik im Kontext” am Beispiel einer Geometrie-Einheit der Grundschule

> *“[T]he world – orienting character of geometry for primary school, does in principle create the possibility to take every child seriously and to challenge the child continuously to make good use of own abilities to further personal development.”*

(de Moor in Streefland 1991, S. 138)

Die nachfolgend dargelegte exemplarische Unterrichtseinheit dient der konkreten Betrachtung des didaktischen Ansatzes von MIC bezüglich seiner methodischen Umsetzung und definierten Kontextabfolge, so dass der Fokus an dieser Stelle nicht in der Evaluation der

Einheit selbst unter Berücksichtigung der zentralen Forschungsfrage zu sehen ist - diese Zielsetzung wird in Kapitel 3 aufgegriffen - sondern in einem vertieften Verständnis der didaktischen Struktur, insbesondere der Begriffe des „model of“ und „model for“ und der konzeptionellen Grundlagen von „Kontext“ und „Konzept“ im Rahmen dieses Ansatzes. Die im Folgenden dargestellte Unterrichtseinheit wurde bewusst für den Mathematikunterricht der Grundschule konzipiert, da es sich hier um überschaubare mathematische Konzepte handelt, die entsprechend unterschiedlichster Abstraktionsniveaus im Kontext identifiziert und ausgearbeitet werden können. In besonderer Weise ist durch ihren konkret-fassbaren, anschaulichen Zugang die Geometrie für eine solche erste Annäherung an dies didaktische Konzept hinsichtlich seiner Adaption an die curricularen Vorgaben hier zu Lande besonders geeignet. Die Einheit aus dem Themenbereich der Geometrie wurde gemeinsam mit Grundschullehrkräften der Hafenschule in Wilhelmshaven für die dritte Klassenstufe erarbeitet und unterrichtlich erprobt. Hieran sollen neben fundamentalen didaktischen Strukturen des Ansatzes auch methodische Formen aufgezeigt werden, welche sich in den analysierten Einheiten des Originalmaterials zeigten. Die Erfahrungen und Rückmeldungen der Lehrkräfte geben einen ersten Eindruck in die vielfältigen unterrichtlichen Aspekte des Ansatzes und dessen großes Potential, welches bereits im vorangegangenen theoretischen Kapitel angerissen wurde. Eine vertiefende Betrachtung und Analyse nach MIC konzipierter und im Hinblick auf die zentrale Forschungsfrage evaluierter Einheiten findet sich im Kapitel drei.

Die nachfolgend dokumentierten Unterrichtsstunden sind nach dem storytelling-Ansatz aufgebaut und sind somit eingebettet in einen zusammenhängen, übergeordneten Kontext - der Abenteuergeschichte in Anlehnung an das Buch „Das Monster vom blauen Planeten“ von Cornelia Funke und Barbara Scholz (Funke & Scholz 2008).

Erste Doppelstunde – Einstieg in den Kontext und Entwicklung der Problemstellung

Einstieg in die Einheit anhand der Geschichte

- die Geschichte von Gobo wird erzählt (gekürzte Fassung in Anlehnung an das Buch von C. Funke: „Das Monster vom blauen Planeten“); Einführung der Hauptfiguren, welche die Kinder in der Einheit begleiten; Erzählung wird hierbei durch eingescannte Bilder aus dem Buch visualisiert („white board“ - Nutzung)
- weiterführende Fragen, welche zudem bereits den Ablauf nachfolgender Stunden entwickeln, werden gemeinsam mit den Lernenden formuliert (**Problemstellung**):
    - Was können wir tun, um Tina zu retten?
    - Wie kann eine Rakete aussehen?
    - Aus welchen Teilen wird eine Rakete gebaut? Welche Formen und Körper erkennen wir an einer Rakete?

Überleitung in die mathematische Ebene der Betrachtung geometrischer Körper resultierend aus vorangegangenen Fragestellungen des offenen Kontextes

- Bilder von Raketen werden mit dem „white board“ gezeigt; Impulse der Lernenden werden gesammelt
- die Lernenden formulieren als eigenen Arbeitsauftrag den Nachbau einer solchen Rakete
    - den Lernenden werden hierzu als „stummer Impuls“ verschiedene geometrische Körper in Form alltäglicher Verpackungen gezeigt.
    - Arbeitsauftrag an die Lernenden zur nächsten Stunde verschiedene Verpackungen, die sie zum Bau einer Rakete benutzen können, mitzubringen
    - Einteilung der „Forscherteams“: 4 Kinder pro leistungsheterogene Gruppe

Zweite Doppelstunde – kontextbasierte Entwicklung des mathematischen Inhalts

Rekapitulation des Kontextes/der Problemstellung

- kurze Wiederholung der Geschichte durch die Lernenden
- durch „stummen Impuls“ des Bildes einer Rakete wird erneut die Problemstellung formuliert und gemeinsam mit den Lernenden das daraus resultierende Vorgehen in der Stunde entwickelt

kontextbasierte **Entwicklung** des mathematischen Inhalts („model of“)

- die Lernenden benennen die mitgebrachten geometrischen Körper aus ihrem Alltag aufgrund ihres Vorwissens und entdecken in der konkret-handelnden Auseinandersetzung mit dem Material Merkmale und Eigenschaften
    - Wie werden die Körper genannt?
    - Welche Merkmale haben die Körper?
    - Wie kann sortiert werden?

Offene Aufgabenstellung:

Sortiert eure Raketenbauteile (mitgebrachtes Material). In einem Karton dürfen nur Teile liegen, die zusammengehören. Wie könnt ihr eure Kartons nennen?

    - Was haben alle Körper in einem Schuhkarton gemeinsam? Die Lernenden entwickeln eigenständig eine Kategorisierung auf der Grundlage der Eigenschaften der Körper
    - „Infokarten“, welche Eigenschaften und Merkmale der Körper in den jeweiligen Kartons beschreiben, werden von den Lernenden erarbeitet
- im Plenum werden die Arbeitsergebnisse präsentiert und diskutiert, wobei hieraus allgemeingültige mathematische Konzepte resultieren („model for“) (Darstellung in Form von „Lernplakaten“ zu den verschiedenen geometrischen Körpern)

Dritte Doppelstunde - Transfer des mathematischen Inhalts im Rahmen neuer Kontexte/Problemstellungen

Rekapitulation des Kontextes, der daraus resultierenden Zielsetzungen und der bereits erarbeiteten Inhalte

Neue Problemstellung/ Transfer („model for“):
Beim Transport zum Bauplatz sind einige Teile durcheinandergeraten. Bevor mit dem Bauen begonnen werden kann, muss nun erst einmal aufgeräumt werden! Sortiert die Bauteile und begründet Eure Entscheidung in der Gruppe.

Bau und Präsentation der Rakete unter Verwendung mathematischer Fachsprache
über die verschiedenen Repräsentanten wird der mathematische Inhalt durch Analogieerkenntnis zunehmend abstrahiert („model for“)

Vierte Doppelstunde – Vertiefung und Erweiterung des mathematischen Konzepts

Neue Problemstellung/neuer Kontext – Zusammenhang von Körper und Netz („model of“):
Beim Flug zum Planeten geht eine Antriebsdüse (Zylinder) kaputt. Eine „Ersatzteilmaschine“ soll helfen, doch diese gibt nur Flächen, keine Körper aus.

- im Plenum werden gemeinsam Ideen gesammelt, wobei konkret-handelnd das Netz des Zylinders entdeckt wird
- Bestimmung der in die Maschine einzugebenden Maße

Abschließende Sicherungsphase im Plenum; weitere **analoge Problemstellungen** (definierte Kontextabfolge) führen zur Abstraktion des „model of“ zum „model for“:
Wie müssten die Daten/Maße für die Ersatzteilmaschine aussehen, wenn andere Teile der Rakete bei der Landung zerstört worden wären?

- leistungsheterogene Gruppen bekommen verschiedene geometrische Formen zur Verfügung gestellt
- Ergebnisse werden zum Abschluss in einer gemeinsamen Sicherungsphase vorgestellt

Innermathematische Aufgaben bzgl. des Zusammenhangs zwischen Körper und Netz unterstreichen die Abstraktion des mathematischen Konzepts und festigen das „model for“.

Der dargelegte Verlaufsplan gibt einen ersten Eindruck in die unterrichtliche Gestaltung, wobei dies nun weiter zu differenzieren ist hinsichtlich der kontextuellen Einbettung und weiter der fachinhaltlichen Entwicklung im Hinblick auf verwendete Abstraktionsebenen. Die Einführung in den Kontext der Geschichte bildet den Rahmen für nachfolgende Problemstellungen.
Dabei unterstreichen die genutzten Bilder als auch die Charaktere selbst die Einbindung der Kinder und ermöglichen zugleich eine Identifikation und damit echte Auseinandersetzung mit dem Problem zunächst des Baus der Rakete. Dies führt unmittelbar zur konkret - handelnden Betrachtung und Auseinandersetzung mit geometrischen Körpern. Insbesondere in der Bauphase der Rakete bzw. zuvor werden die Lernenden angehalten die Bauteile - wie in einem echten Fertigungsprozess - üblich zu sortieren. Dies stellt bereits die zweite Abstraktionsebene dar, löst sich doch eine Sortierung schon von der reinen Anschauung der Körper

indem Parallelen durch die Lernenden gefunden werden müssen. Eine weitere Abstraktion und damit die formal - mathematische Ebene wird ebenfalls beim Bau der Rakete beschritten, wenn die Benennung der einsortierten Kartons eingefordert wird und damit eine erste Definition. Hier muss das lernende Kind auf Vorwissen auf der Ebene zurückgreifen und mathematische Fachsprache verwenden, so dass dies als höchstes Anforderungsniveau gesehen werden kann.

Die Problemstellung der durcheinander geratenen Materialkartons fordert nochmals die Differenzierung der Körper ein, wobei sowohl auf einer anschaulichen Beschreibung der Körper, des Erkennens von Parallelen als auch auf der formal-mathematischen Ebene der Definition eine Lösung erzielt werden kann.

Auch der Kontext der Präsentation der Raketen stellt analoge Anforderungen dar, wobei angemerkt sei, dass durch verteilte Rollenkärtchen in den leistungsheterogenen Gruppen eine verstärkte Identifikation und damit Motivation erreicht wird. Die zur Übung eingebundenen innermathematischen Problemstellungen lassen auch den flexiblen Übergang zwischen den Abstraktionsstufen zu, da die anschauliche Ebene weiter durch vorliegendes Material bedient werden kann. Das ausgewählte Material lies sowohl eine innermathematische Bearbeitung über die formal – mathematische Ebene formulierter Definitionen zu, konnte aber ebenso auf einer konkret – anschaulichen Ebene durch die präsenten Körper erfolgreich gelöst werden.

Nachfolgende Materialien zeigten ein zunehmendes Abstraktionsniveau im Sinne einer Übertragung des Eigenschaftstextes zum Körper auf eine anschauliche Vorstellung und somit auf den Körper selbst. Leistungsstärkere SchülerInnen können hier direkt Verweise auf jeweilige Definitionen erkennen. Leistungsschwächere SchülerInnen können wiederum auf die vor sich befindlichen Körper konkret-fassbar zurückgreifen und somit auf einer niedrigeren Abstraktionsebene argumentieren. In der anschaulichen Ebene der konkreten Körper findet sich das „model of“ wieder, so dass jene formal – mathematische Ebene als „model for“ verstanden werden kann.

Die nachfolgende Abbildung stellt nochmals die Struktur der entwickelten Einheit im Sinne des MIC-Ansatzes dar. Die unterste Ebene der Abbildung zeigt die thematische Abfolge im Kontext der Geschichte verbunden mit den entsprechenden Problemstellungen. Während die erste Fragestellung ausschließlich auf einer konkret-fassbaren Ebene bearbeitet werden kann, findet dies Abstraktionsniveau im Rahmen der zweiten Problemstellung des Baus der Raketen und der dadurch notwendigen Sortierung der geometrischen Körper Erweiterung, indem Parallelen zwischen den Körpern erkannt und eine erste Definition dieser im Sinne

einer formal-mathematischen Ebene erreicht werden kann („Analogiebegründeter Transfer“). Indem diese höchste Abstraktionsebene wiederholt in den nachfolgenden Problemstellungen eingefordert wird, wird das erarbeitete „model of“ zum „model for“ und somit vom konkreten Aufgabenkontext gelöst. Anzumerken ist, dass nicht alle Argumentationsebenen von den Lernenden in jedem Kontext durchlaufen werden müssen, sondern sich diese vielmehr als unterstützende Elemente im Transferprozess darstellen.

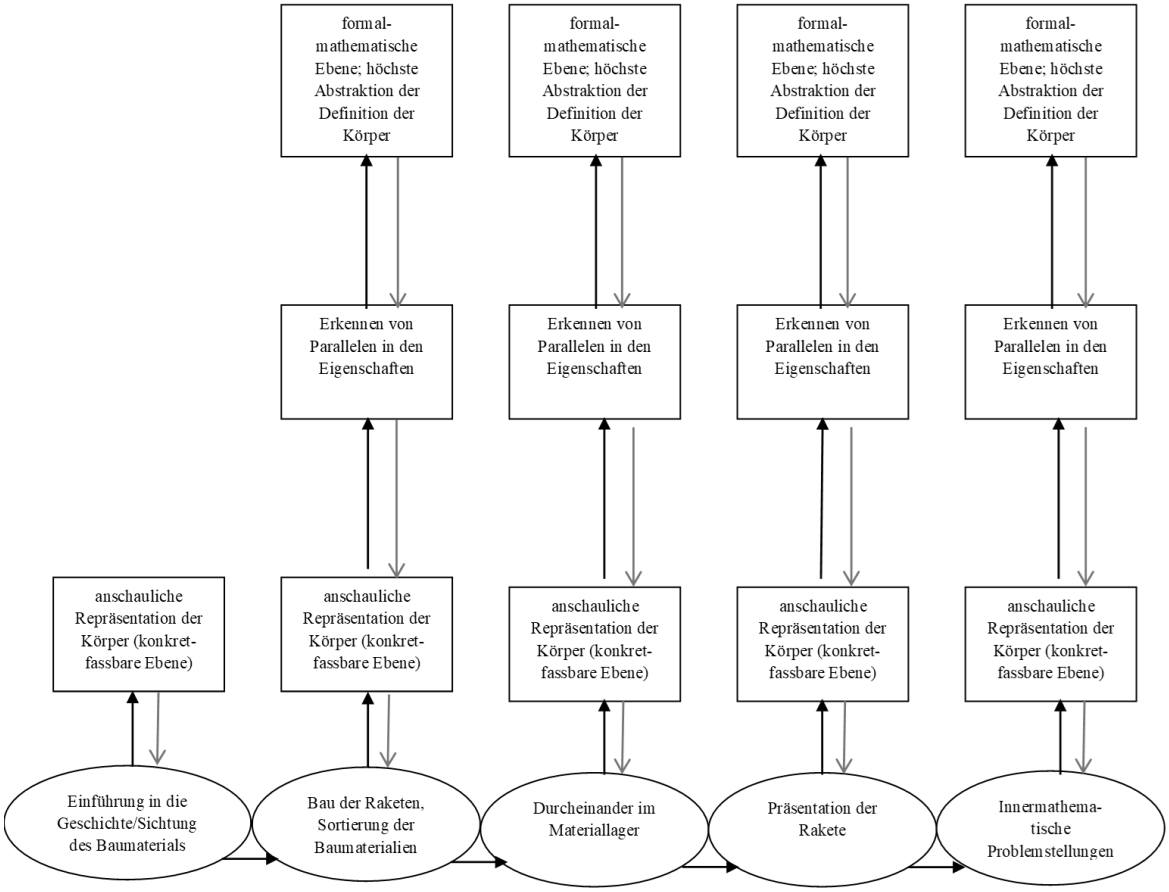


Abbildung 8: Aufbau der Einheit – Kontextabfolge und Entwicklung des mathematischen Inhalts

Der Gebrauch eines solch konstruierten Kontextes im Sinne einer Abenteuergeschichte findet auch bei de Lange (de Lange 1999) Rechtfertigung, wo sich zudem noch weitere Beispiele für zu verwendende Kontexte finden (de Lange 1999, S. 27): *„Fantasy worlds offer another popular context in which students' fantasy and creativity can lead to relevant, but not authentic, mathematical activities.“*

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Eindruck in die vielfältigen Potentiale des Ansatzes durch die Rückmeldungen der Lehrkräfte zu jeder Stunde:

Tabelle 1: Ausschnitte aus den Rückmeldungen der Lehrkräfte zur Unterrichtseinheit

Erste Doppelstunde	„Die Geschichte „Das Monster vom blauen Planeten“ spricht die SuS gut an.“ „SuS sind sehr motiviert!“ „Offene Fragestellungen lassen allen SuS dieser recht heterogenen Lerngruppe die Möglichkeit, sich auf dem jeweiligen Niveau am Gespräch zu beteiligen.“ „Einteilung der Forscherteams mit Hilfe der Puzzles wurde von den SuS gut angenommen.“ „Zusammengehörigkeit innerhalb der Gruppe wurde durch den selbstgewählten Gruppennamen noch unterstrichen.“
Zweite Doppelstunde	„SuS können sich gut an die Geschichte erinnern und den Inhalt wiedergeben. Ein leistungsstarker Schüler geht auch gleich auf das mathematische Thema „Körper“ ein und nennt einige.“ „Nicht alle SuS können die geometrischen Körper benennen. Für viele sind die Begriffe Ecke, Kante und Fläche an einem Körper noch nicht klar (Inhalte aus dem 2. Schuljahr). Aufgrund des konkret-handelnden Ansatzes kann diese Schwierigkeit aber gelöst werden.“ „SuS sortieren nach eigenen Kategorien z. B.: - Wozu wurde die Verpackung benutzt? - Papier oder Plastik? Ich gehe zu jeder Kleingruppe und provoziere bei Bedarf durch Behauptungen neue Überlegungen bei den SuS: „Die Verpackung der Milch und die Verpackung von der Geschichtscreme gehören zusammen.“ Dies hat neue Denkprozesse bei den SuS angestoßen.“ „Festigung durch Arbeitsblätter zum Thema „Körper im Alltag“ war erfolgreich-offenbar gab es hier den AH-Klick!“
Dritte Doppelstunde	„Durch die Geschichte sind die SuS schnell wieder gedanklich am Thema.“ „Die SuS haben konzentriert & motiviert gearbeitet!“
Vierte Doppelstunde	„Die Vorstellung der Raketen hat den SuS gefallen.“

Die blitzlichtartigen Rückmeldungen der unterrichtenden Lehrkräfte unterstreichen die Umsetzung der mit dem didaktischen Ansatz angestrebten unterrichtlichen Ziele. Eine ausführliche Analyse insbesondere hinsichtlich des Fokus der Arbeit der Fähigkeit der Lernenden zur Transferleistung erfolgt erst im Kapitel drei.

Der Einstieg in die Einheit hinsichtlich seiner Lernziele und didaktischen Ausrichtung entspricht jenem im „Mathematik im Kontext“ - Material „Packages and Polygons“. So finden sich die Inhalte „Sorting Packages“ ebenso wieder wie auch „Making Nets“ als Fortführung und Ausblick skizzierter Einheit. Die Bedeutung des Umgangs mit geometrischen Fragestellungen, an dieser Stelle insbesondere die konkret-fassbare Betrachtung und damit einherge-

hend die Mathematisierung der Lebenswelt der Lernenden, wird deutlich in (van den Heuvel-Panhuizen 2005) unterstrichen. Auch in (de Moor 1991) wird dies nochmals herausgearbeitet, wobei sich hier auch zentrale Ideen der vorliegenden Einheit finden, so auch Pestalozzis Idee der Anschauung, welche Umsetzung schon in den Froebel Kindergärten erfährt, in denen grundsätzlich die konkrete Anschauung als wichtiger erachtet wird als reine Beobachtung. Angemerkt sei, dass sich das Themengebiet der Geometrie in der Grundschule aus der "Formen und Größenlehre" entwickelt hat – erst in der Sekundarstufe erfolgt eine Weiterentwicklung zur euklidischen Geometrie.

Der didaktische Ansatz von „Mathematik im Kontext"[53] fordert in diesem Zusammenhang (de Moor in Streefland 1991, S. 122): *„[…] - geometry instruction must start with and relate to real phenomena of the space that surrounds us […]"* und führt zur Methodik aus: *„[…] - the method for the introduction to geometry must have an intuitive character […]".* Diese Aussagen unterstreichen nicht zuletzt die Rolle und Bedeutung des Kontextes im vorliegenden Ansatz, wie sie bereits zuvor theoretische Betrachtung fand. *"The first learning principle is that first and foremost learning mathematics is a constructive activity."* (Treffers in Streefland 1991, S. 24). Jene Aussage wendet sich erneut konstruktivistischen Lehr-Lerntheorien zu und hebt die "concrete orientation basis" – den Kontext[54] – als notwendig hierfür hervor.

Wie bereits vorher ausgearbeitet, berücksichtigt die vorliegende Einheit auch ein zweites Lernprinzip (Treffers in Streefland 1991, S. 24): *"The second learning principle is: the learning of a mathematical concept or skill is a process which is often stretched out over the long term and which moves at various levels of abstraction."* Zur Unterstützung der Übergänge zwischen den Abstraktionsniveaus und der damit verbundenen Transferprozesse beim Lernenden wurde stets die konkret-fassbare Ebene herangezogen, um somit auch Freundenthals „reinvention principle" gerecht zu werden (Gravemeijer in Streefland 1991, S. 67): *"Cobb (1987) even says: sensory-motor action is a primary source of mathematical knowledge."*

Um dem Konstruktivismus zu genügen als auch den Lernwelten und Realitäten in Schule gerecht zu werden, wird der Begriff „guided reinvention" eingeführt (s. hierzu auch Keijzer

[53] *„Freudenthal is the founder of realistic mathematics education. [...] away from formalistic New Math, directed at reality. His didactical realism is coloured by idealism. His ideas emphasize rich thematic contexts, integration of mathematics with other subjects and areas of reality, differentiation within individual learning processes and the importance of working together in heterogeneous groups."* (Treffers in Streefland 1991, S. 19)

[54] *"Reality both serves as a sorce for concepts, ideas, operations and structures and as a domain to apply them."* (Streefland 1991, S. 4)

2003, S. 181): *"[...] mathematical strategy acquisition is considered as a process of 'guided reinvention'. Freudenthal underlined the necessity of student guidance while learning mathematics. He used this argument to criticise constructivist ideas. He pleaded for guided reconstruction."* sowie ergänzend in selber Quelle (ebd. S. 4): *"Formal mathematics [...] opposes Freudenthal's credo of 'mathematics as a human activity', which can be seen as an expression of a phenomenological theory of mathematics education with its point of departure in the practice of education and teaching, and not in the transmission of mathematics as a pre-formed system (Gravemeijer & Terwel 2000)."*

Angemerkt sei, dass der wiederholt angesprochene Prozess der Mathematisierung sich hier in zwei Richtungen vollzieht, welche sich in der obigen Skizze zur Struktur der Einheit nachvollziehen lassen (van den Heuvel-Panhuizen 2003, S. 12): *„In the case of horizontal mathematizing, mathematical tools are brought forward and used to organize and solve a problem situated in daily life. Vertical mathematizing, on the contrary, stands for all kinds of reorganizations and operations done by the students within the mathematical system itself."*

Ein Transferprozess der sich auf mehreren Ebenen vollzieht und dessen Erfolg in der Vielzahl aufgeworfener kontextbasierter Problemstellungen zu sehen ist.

An dieser Stelle sei nochmals auf die Bedeutung der Argumentationsebenen und zunehmende Abstraktion im Sinne der Entwicklung vom „model of" zum „model for" hingewiesen. Jene Entwicklung und deren Betonung im Lernprozess kann als transferfördernd verstanden werden, da sie zum einen das Erkennen von Analogien forciert, als auch eine stete Reflektion des eigenen Erkenntnisprozesses einfordert. Letztgenannter Aspekt stellt sich als zentrales Element erfolgreicher Transferprozesse dar und findet methodisch auch Umsetzung in Gruppenarbeitsphasen, die eine Darstellung und argumentative Begründung des eigenen Vorgehens einfordern, als auch bezüglich abschließender Präsentationsphase, in der die Problemlösung rekapituliert wird.

Der Ansatz des „storytellings" unterstützt in besonderer Weise u. a. Dettermans Aussagen bezüglich der zentralen Bedeutung der Anlage der Transferleistungen, wobei er als Bedingungsfaktoren erfolgreichen Transfer die Fokussierung auf „nahen Transfer", als auch strukturelle Ähnlichkeiten und Schlüsselwörter formuliert (s. Kapitel 1.2.1). Bezüglich der Transferdistanz können die gewählten Aufgabenstellungen sicherlich als Anforderungen „nahen Transfers" verstanden werden, wobei die Transferdistanz im Laufe der Einheit zunimmt. Während sich die strukturellen Ähnlichkeiten aus dem fachlichen Anforderungsbereich ergeben, ergeben sich aus dem „roten Faden" der Einheit im Sinne der Geschichte „narrative

Anker“, die als Schlüsselwörter jene zentralen Konzepte des Konzept-Netzwerks des Lernenden zu aktivieren vermögen. Hierbei kann die „Theorie identischer Elemente“ von Thorndike und Woodworth aufgegriffen werden, die als Grundlage erfolgreichen Transfers das Auftreten identischer Elemente zwischen Übungs- und Anwendungssituation formulierten. Der heutige Begriff der „Ähnlichkeit“, wie er von den Gestaltpsychologen geprägt wird, findet sich in der Einheit nicht nur in der Struktur der Aufgaben selbst, sondern auch im Problemkontext des „storytellings“ umgesetzt, wodurch es zur Aktivierung analoger kognitiver Prozesse kommen sollte.

Somit kommt dem Kontext bzw. jener definierten Abfolge von Problemstellungen neben der situativen Verankerung des Fachinhalts selbst und der Forcierung motivationaler Aspekte im Lernprozess auch eine Schlüsselposition bezüglich des Transfers im Sinne der Aktivierung des vorhandenen Konzept-Netzwerks der Lernenden in den neuen Problemkontexten zu. Jene Problemsituationen erweitern das konzeptionelle Netzwerk des Lernenden im Rahmen eines individuellen Lernprozesses, wobei sich allgemeine Konzepte aus der Vielzahl abgeleiteter „model of“ der jeweiligen Fragestellung ergeben. Zunehmende Abstraktionsniveaus als Argumentationsebene der Fachdisziplin können hierbei als unterstützende Elemente verstanden werden.

1.2.2.2 Das Verständnis und die Förderung von Transfer im didaktischen Ansatz von PLON

Der didaktische Ansatz von PLON wurde in den 70er Jahren von der “Vakgroep Natuurkunde-Didaktiek” des Fachbereichs Physik der Universität Utrecht entwickelt und kann als Reaktion auf eine sich wandelnde Gesellschaft, als ebenso auf veränderte Ansprüche an den Physikunterricht unter deutlicher Betonung der Lebensweltorientierung verstanden werden (“Socialisation” und “Humanisation” als zentrale Begriffe im Rahmen dieser Diskussion) (Lijnse 1983). Das Physik-Curriculum der damaligen Zeit zeigte einen deutlichen Fokus auf der fachlichen Struktur, wobei aktuellen und gesellschaftlich relevanten Themen nur wenig Raum eingeräumt wurde. Als Folge daraus konnten die Lernenden die Relevanz des erlernten physikalischen Inhalts in ihrer Lebenswelt kaum erkennen, wodurch die Fachdisziplin an Bedeutung einbüßte und die Lernenden wenig Motivation zur Auseinandersetzung mit der Fachdisziplin zeigten. Der Schwerpunkt des Physikunterrichts schien in der Vorbereitung zukünftiger Physikstudierender zu liegen und damit nur auf eine Minderheit der Lernenden ausgerichtet.

Die Modernisierung des Physik-Curriculums durch den didaktischen Ansatz von PLON bedeutete die Entwicklung von Unterrichtseinheiten, welche die Anwendbarkeit physikalischer Konzepte in der Lebenswelt der Lernenden forcieren sollten, wodurch die Relevanz des fachlichen Inhalts hervorgehoben werden und die Motivation des Lernenden zur Auseinandersetzung mit physikalischen Konzepten zunehmen sollte (Dekker & van der Valk 1986, Kortland 1984, Eijkelhof & Kortland 1988). PLON war eines der ersten kontextbasierten Unterrichtsverfahren *„in the sense that the students "lifeworld" was taken as a starting point"* (Nentwig & Waddington 2005, S. 67), wobei die Rolle und Funktion des Kontextes noch zu diskutieren sein wird.

Die diesem Ansatz zugrunde liegende unterrichtliche Methodik kann in der Praxis nicht mehr betrachtet werden, da Unterricht entsprechend des didaktischen Ansatzes von PLON nicht mehr stattfindet. Zur Analyse methodischer Aspekte dienten somit insbesondere publizierte Einheiten wie "Ionising Radiation". Auch im Rahmen von Interviews mit den damaligen verantwortlichen Entwicklern wurde die Methodik deutlich, welche der damaligen Zeit entsprach *„which was teacher dominated, whole class directed"* (zweites Interview mit Kortland, S. 5, Z. 20-21) ("progressive education" (Interview mit Lijnse, S. 12, Z. 9-17)). An dieser Stelle sei bereits angemerkt, dass die Funktion des Kontextes nicht so weit reicht, wie in den Konzeptionen von CHiK und MIC, wo neben motivationalen Aspekten konkret eine Vernetzung aus Konzept und Kontext ausgearbeitet wurde.

PLON revolutionierte die Physikdidaktik der damaligen Zeit, indem es die fachliche Struktur zu Gunsten einer Berücksichtigung der Anwendung fachlicher Inhalte in authentischen, lebensweltlichen und für die Lernenden relevanten Kontexten (Eijkelhof & Lijnse 1988) zurückdrängte (Nentwig & Waddington 2005, S. 70): *„[…] it was expected that students would experience the content taught as more relevant, and that they would be better able to understand and connect the concepts learned to their out-of-school world"*. Das Ziel, als ebenso die argumentative Begründung für solch einen Ansatz, wurde in einer zunehmenden Motivation der Lernenden durch die unmittelbare Bedeutung des Erlernten in ihrer eigenen Lebenswelt gesehen und der daraus resultierenden Anwendbarkeit des Gelernten in außerschulischen Realitäten (Eijkelhof & Kortland 1988).

Entsprechend des schon einleitend beschriebenen Vorgehens sollen auch die Analyse von PLON Interviews von Didaktikern und Designern von Unterrichtseinheiten, sowie die Unterrichtsmaterialien selbst in einer allgemeinen Darstellung einer Unterrichtseinheit münden, in deren Struktur insbesondere Transferelemente und unterstützende Aspekte für erfolgreiche Transferleistungen identifiziert werden sollen. Einige der Unterrichtseinheiten wurden

gemeinsam mit Lehrern konzipiert (Dekker & van der Valk 1986) so auch die analysierte Einheit "Ionising Radiation" für Lehrende der Sekundarstufe im Alter zwischen 17-18, in deren Fokus sich die zentrale Fragestellung nach der Einschätzung der Risiken ionisierender Strahlung findet und die als typische PLON-Einheit in den Interviews exemplarisch herausgestellt wurde (s. hierzu auch das Interview mit Kortland, S. 1, Z. 5-10). Diese übergeordnete Fragestellung ist wiederum in Teilfragen differenziert, die die Einheit strukturieren (Eijkelhof, Kortland & van der Loo 1984, S. 15): *„[…] who takes advantage, who bears the risk, how large is the risk estimated to be, how could the risk be reduced or avoided? Three fields of application have been chosen: nuclear energy, nuclear arms and radiation for medical purposes. Before working in groups on one of the applications, pupils are told about the physical and biological aspects of radiation which is useful in answering the subquestions mentioned above"*

Auch hieran wird die Definition des Kontextes deutlich (Interview mit Kortland, S. 19, Z. 15-16 ebenso 45, S. 71): *„A real-life situation in which physics knowledge and skills are functional for problem-solving, decision-making."* und die Bedeutung in der Betonung der Relevanz physikalischer Inhalte in authentischen Problemsituationen, wobei keineswegs eine kontextbasierte Konzept-Entwicklung ausgearbeitet wurde (Kriterien für „gute Kontexte" finden sich im Interview mit Kortland, S. 19, Z. 22-23), der Begriff aber weiter gefasst wird als *"coherent collection of practical situations"* (Nentwig & Waddington 2005, S. 71). Jene Vielfalt an Problemsituationen findet Begründung in der Anwendung des Erlernten und damit des Transfers. So wird die vorliegende, exemplarische Einheit im „optional part" in drei verschiedene Problemsituationen differenziert (Nentwig & Waddington 2005, S. 77-78). Zudem klang bereits an, dass die lebensweltliche Bedeutung und Nähe zwischen schulischer Lernwelt und außerschulischer Realität erfolgreichen Transfer forcieren sollte, entsprechend der Theorie von Thorndike und Woodworth zu Beginn des 20. Jahrhunderts und ihrer Theorie, dass erfolgreicher Transfer identischer Elemente zwischen Übungs- und Anwendungssituation bedarf.

Im Rahmen einer PLON-Einheit werden die grundlegenden fachlichen Konzepte zunächst kontextunabhängig erarbeitet, um sie dann in den nachfolgenden Problemsituationen anzuwenden. Der anfängliche Kontext, bzw. die nachfolgend dargestellten lebensweltlichen Problemsituationen sollen zur Auseinandersetzung mit dem fachlichen Inhalt motivieren, indem sie die Notwendigkeit zur Erarbeitung neuer fachlicher Konzept zur Problemlösung aufzeigen.

1. Phase:

"Orientation"

„[...] on the relationship between a specific physics domain and the everyday life context." (Lijnse, Kortland, Eijkelhof, van Genderen, Hooymayers, 1990, S. 98)

Eröffnung des Kontextes primär durch die Lehrkraft;

(ggf. Aktivierung des Konzept-Netzwerks des Lernenden (Vorwissen) durch Impulse des Kontextes)

Konkret für die Einheit "Ionizing Radiation" meint dies eine Vielzahl lebensweltlicher Situationen, in denen diese Thematik relevant ist.

"[...] introducing a number of everyday life situations in which the use of ionising radiation might be an issue, and giving an idea of the nature of risk concept [...]" (Kortland in Nentwig, Waddington (Eds.), 2005, S. 72)

"[...] students come to realize that there is still something to learn." (Interview mit K. Kortland, S. 1, Z. 25-26)

2. Phase:

"Basic question and subquestions" (durch die Lehrkraft):

How acceptable are applications of ionising radiation to you? (Einheit "Ionizing Radiation")

„[...] criterion for selecting the content and skills for the unit. Ideally this central question should have relevance for students. It should be broad enough to meet the differences in interests and should provide the possibility of being translated into a variety of suitable student activities." (Lijnse, Kortland, Eijkelhof, van Genderen, Hooymayers, 1990, S. 98)

"[...] kind of summarizing the basic knowledge and skills part of the unit which is coming." (Interview mit K. Kortland, S. 5, Z. 34-36)

3. Phase:

"Basic knowledge and skills"

zentrale fachliche Inhalte werden von der Lehrkraft dargelegt (Lijnse, Kortland, Eijkelhof, van Genderen, Hooymayers, 1990, S. 98)

(ggf. Erweiterung des Konzept-Netzwerk des Lernenden)

Konkret "Ionizing Radiation":

"[...] about the nature, effects and sources of X-ray and radioactivity. Concepts important in risk assessment are introduced, such as half-life, activity, dose, somatic and genetic effects." (Kortland in Nentwig, Waddington (Eds.), 2005, S. 72)

4. Phase: Sequentieller Transfer

"Options"

Gruppenarbeit an unterschiedlichen Aspekten (s. "subquestions") der Thematik unter Verwendung der zuvor erlernten fachlichen Inhalte; Fragestellungen durch die Lehrkraft formuliert *"[...] preferably in the form of various student activities which stimulate independent learning in small groups."* (Lijnse, Kortland, Eijkelhof, van Genderen, Hooymayers, 1990, S. 98)

angestrebter Transfer der dekontextualisiert päsentierten Konzepte in kontextabsierte Fragestellungen; Präsentation der Ausarebitungen durch die Lernenden (Artikulation des individuellen Konzept-Netzwerks)

Konkret Einheit "Ionizing Radiation":

"[...] groups of students start to work independently on either one of the three options: nuclear energy, nuclear arms and the use of radiation for medical purposes. Background information on risk and safety aspects for each of these areas of application is given or collected by the students, In several subsequent lessons, students report their findings to other groups in class." (Kortland in Nentwig, Waddington (Eds.), 2005, S. 72)

5. Phase: Lateraler Transfer/Sequentieller Transfer

"Broadening and Deepening"

Problemsituationen/Fragestellungen werden von der Lehrkraft basierend auf dem übergeordnetetn Kontext und den daraus resultierenden Fragestellungen (2. Phase) formuliert

„These questions require students to integrate their ideas. Students therefore broaden and deepen their knowledge and skills. But these questions also refer to the central question of the unit [...]" (Lijnse, Kortland, Eijkelhof, van Genderen, Hooymayers, 1990, S. 99)

"[...] the practical situations in the last part of the unit all deal with situations kind of related to what students have been studying in the options." (zweites Interview mit K. Kortland, S. 2, Z. 16-17)

"[...] in the orientations we had a number of practical situations in which we couldn´t decide, now we have our knowledge, let´s go back to the situations and see whether we can use our knowledge to make this decisions, [...]." (ebd. S. 4, Z. 8-22)

Abbildung 9: Struktur einer PLON-Einheit

Angemerkt sei, dass die in der ersten Phase angenommene Aktivierung des Vorwissens der Lernenden sicherlich nicht konkret in der damaligen Methodik der Unterrichtseinheit umgesetzt wurde. Gemeint ist damit vielmehr ein (unbewusster) Prozess des Lernenden (s. hierzu das Interview mit Lijnse, S. 7, Z. 9 ff. und S. 13, Z. 12 ff.): *„PLON did not take the pre-knowledge into account."* (Interview mit Lijnse, S. 12, Z. 49).

Eine PLON-Einheit beginnt mit einer Phase der Orientierung, der Begegnung der Lernenden mit dem Kontext durch den Lehrer, wobei dieser nachfolgend die komplexe Thematik in unterschiedlichste Aspekte in Form von Fragestellungen differenziert, die wiederum die Struktur der vierten Phase bestimmen. In jener vierten Phase sollen die Lernenden den fachlichen Inhalt, welcher in der dritten Phase durch die Lehrperson dekontextualisiert dargelegt worden ist (Interview mit Kortland, S. 7, Z. 2-9 und S. 8, Z. 8 ff.), in entsprechenden kontextbasierten Fragestellungen anwenden (Eijkelhof & Kortland 1988, S. 287 ff. und Lijnse et al. 1990, S. 98 ff.).

Die Funktion der ersten Phase stellt sich vor allem bezüglich motivationaler Aspekte dar, indem die Bedeutung der zu erarbeitenden physikalischen Inhalte in lebensweltlichen Anwendungszusammenhängen unterstrichen wird (Nentwig & Waddington 2005, S. 72). Ob zudem ein sequentieller Transfer des Vorwissens bzw. des individuellen Konzept-Netzwerks des Lernenden in den Kontext geleistet wird, bleibt aufgrund der Dominanz der Lehrperson in dieser Phase fraglich (Interview mit Kortland, S. 5, Z. 10 und S. 2, Z. 43-44). An dieser Stelle, als auch in der zweiten und dritten Phase der Einheit, wird die Eigenständigkeit und Verantwortung des Lernenden in seinem eigenen Lernprozess stark zurückgedrängt, wodurch grundlegende Ansätze der Förderung der Motivation entsprechend der Motivationstheorie nach Deci und Ryan unberücksichtigt bleiben (Interview mit Kortland, S. 3, Z. 44-46 sowie Eijkelhof & Lijnse 1988, S. 467).

Die zweite Phase der Einheit unterstreicht die Transparenz, die bereits in der ersten Phase bezüglich der weiteren Struktur der Einheit angestrebt wurde, indem - erneut die Lehrkraft - eine zentrale Fragestellung der Einheit formuliert und die komplexe Thematik durch unterschiedlichste Problemstellungen weiter eingrenzt: *„[...] acts as an organizer for the series of physics lessons and determines the physics knowledge and skills to be taught in order to be able to find some (preliminary) answers to the basic question."* (Eijkelhof & Kortland 1988, S. 288). Auch im Interview mit van der Valk finden sich hierzu Aussagen (van der Valk, S. 1, Z. 14-19). Jene Phase legitimiert somit nicht nur die Auswahl der zu unterrichtenden physikalischen Inhalte, sie bildet zudem das Fundament eines „roten Fadens" durch die gesamte Einheit und steht somit für Kohärenz (Nentwig & Waddington 2005, S. 78).

Durch die formulierten Fragestellungen werden die zu erlernenden physikalischen Inhalte weiter definiert, welche in der darauffolgenden dritten Phase von der Lehrperson dargestellt werden. In der vierten Phase soll dann der fachliche Inhalt der vorangegangenen Phase in authentischen Problemstellungen Anwendung erfahren, welche bereits in den ersten beiden Phasen aufgeworfen wurden. In dieser Phase findet sich eine Betonung des Kontextes, welcher in den ersten beiden Phasen eröffnet wurde, wieder (Interview mit Kortland, S. 8, Z. 19-20 und S. 6, Z. 20-21) und stellt sich als Phase vergleichsweise großer Selbstständigkeit der Lernenden dar (Interview mit Kortland, S. 11, Z. 41). In jener Phase findet sich der in der ersten Phase eröffnete Kontext in Form differenzierter Fragestellungen der zweiten Phase wieder (Interview mit Kortland, S. 11, Z. 41-48; S. 3, Z. 47-49 und S. 11, Z. 21-22, Z. 27-28), so dass die Lernenden hier die Möglichkeit der interessengeleiteten Entscheidung der Bearbeitung zwischen den Problemsituationen haben (Interview mit Kortland, S. 11, Z. 41-48). Somit finden sich in dieser Phase zentrale Forderungen der „Selbstbestimmungstheorie der Motivation“ nach Deci und Ryan (s. Kapitel 1.1.2) umgesetzt, indem dem Lernenden eigene Entscheidungen im Lernprozess zugemutet werden und er somit in die Verantwortung für seine individuelle Erkenntnisgewinnung gesetzt wird. Dies wird auch durch die methodische Umsetzung jener Phase unterstrichen, die von Gruppenarbeit geprägt ist und an deren Ende die Arbeitsergebnisse präsentiert werden (Interview mit Kortland, S. 12, Z. 48-49 und S. 14, Z. 33), wodurch die Kommunikationskompetenz der Lernenden unterstrichen und das individuelle Konzept-Netzwerk des „Laien“ artikuliert werden kann (Kortland 1984, S. 4 und Eijkelhof & Kortland 1988, S. 292).

In der letzten Phase einer Einheit wird die zentrale Fragestellung des Kontextes aus der zweiten Phase aufgegriffen (Nentwig & Waddington 2005, S. 71): *“[…] physics concepts and skills are broadened and/or deepened by applying them to situations where the basic question is prominent.”* Der Bezug zur übergeordneten Fragestellung betont erneut die Relevanz des fachlichen Inhalts und unterstreicht somit motivationale Aspekte. In der konkret betrachteten Einheit „Ionising Radiation“ meint dies Fragestellungen, welche die kritische Beurteilung von kontextimmanenten Problemsituationen vom Lernenden einfordern (zweites Interview mit Kortland, S. 3, Z. 5-6, 24-28 und S. 2, Z. 18-22, 42-50; eine Kurzusammenfassung einer Einheit findet sich in (Eijkelhof, Kortland & van der Loo 1984)).

Das in der zweiten Phase dargelegte fachliche Konzept stellt sich in der analysierten Einheit „Ionising Radiation“ u. a. in Form der fachlichen Inhalte Halbwertszeit, Dosis und Strahlung dar (s. Interview mit van der Valk, S. 1, Z. 43-45). Da diese Inhalte dekontextualisiert in der dritten Phase von der Lehrkraft dargestellt werden, kann ein situatives Konzept-Netzwerk

vom lernenden „Laien“ nicht entwickelt werden. Die kontextunabhängige Darstellung der fachlichen Inhalte wurde als notwendig zur Anwendung dieser in neuen lebensweltlichen Problemstellungen angesehen (zweites Interview mit Kortland, S. 14, Z. 35-45). Die Begründung wird wie folgt formuliert (Interview mit Kortland, S. 8, Z. 35-38): *„[…] our experience is that if we mix the physics […] and the context too early students get confused. They themselves are not really able to separate those two.”* Offenbar liegt dem Ansatz ein insofern beschränktes Bild vom Konzept-Netzwerk zugrunde, als dass sich die kognitive Struktur auf Wissen und Regeln zu beschränken scheint (im Gegensatz zum Modell Bruners; s. Kapitel 1.1.3 sowie 1.2.1). Vernachlässigt werden Techniken des Problemlösens, welche nur im Kontext erworben werden können und zudem einer situativen, vernetzten Struktur gerecht werden, die in einer wohldefinierten Abfolge von Kontexten zu flexibilisieren sein sollte (s. Aussagen von Stark et al. zur Bedeutung multipler Kontexte in Kapitel 1.2.1).

Diese dekontextualisierte Darlegung des fachlichen Inhalts und die sich erst anschließende Anwendung in kontextbasierten Fragestellungen stellen zentrale Charakteristika dieses didaktischen Ansatzes dar, als auch den entscheidenden Unterschied zu den kontextbasierten Ansätzen CHiK und MIC. Der Kontext findet also Rechtfertigung primär bezüglich motivationaler Aspekte und lässt eine Situierung des Lehren und Lernens im Kontext vermissen. Im heutigen Verständnis kontextbasierten Unterrichts bleibt die Einschätzung des analysierten Ansatzes somit fraglich.

Einer solchen Konzeption liegt keineswegs ein situativ abhängiges Bild vom Konzept-Netzwerk des Lernenden zugrunde. Resultierend aus dieser Modellannahme wurde nach der dritten Phase jegliche konzeptionelle Entwicklung verneint (zweites Interview mit Kortland, S. 8, Z. 21-26): *„[…] the same concept appears in different contexts and has not a different meaning, because it is still the same concept, but the concept triggers different questions […] and different answers.”* Sogar die letzte Phase bedeutet im Rahmen dieses Modells vom Konzept-Netzwerk des Lernenden keine weitergehende Ausdifferenzierung bzw. Strukturierung, so dass das in Phase drei zu erlernende fachliche Konzept als situativ unabhängig verstanden wird (Interview mit Kortland, S. 17, Z. 18 ff. und zweites Interview mit Kortland, S. 6, Z. 1 ff., besonders Z. 41 ff.), was aber nur für die einzelne Aspekte, nicht jedoch für die Struktur selbst angenommen werden kann.

„Equations! […] what the students probably would do is write down the definitions of concepts. The definition of concepts like activity, half-life, dose, effective dose etc.etc. maybe also, let´s say the properties of the different kinds of radiation, […].” (Interview mit Kortland, S. 10, Z. 23, Z. 37-40 und Z. 46-50]. Jene Aussagen unterstreichen die begriffliche

Definition des fachlichen Konzepts, welches keinesfalls in seiner situativen Anwendung und damit im Rahmen eins Konzepts-Netzwerks des Lernenden verstanden wird.

Bezüglich des transferfördernden Potentials war PLON nicht erfolgreicher als traditionelle unterrichtliche Ansätze (Eijkelhof & Lijnse 1988, S. 469): *„So far no important differences have been found in cognitive achievement between PLON and non-PLON students […].”* Lijnse führt in diesem Zusammenhang aus (Interview mit Lijnse, S. 10, Z. 13 ff.): *„[…] students did not make this transfer, so when we gave them a new context they somehow were falling back to their old concepts […]”* Sicherlich kann ein Grund für diese Feststellung in der fehlenden Berücksichtigung des Vorwissens der Lernenden gesehen werden, aber dies ist keineswegs ausreichend. “*Generally the degree of versatility the students reach in applying the concepts, laws and models in different contexts is low: concepts developed within one specific context are not automatically used by students when solving problems in another-known or unknown-context.”* (Nentwig & Waddington 2005, S. 78).

Als Reaktion darauf entwickelte das PLON-Team sogenannte “systematic units”: *„[…] the main of which is to develop fundamental concepts and problem-solving skills.”* (Dekker & van der Valk 1986, S. 145 als auch Dekker & van der Valk, S. 151). In den “systematic units” werden Konzepte aus den beschriebenen thematischen Einheiten vernetzt und strukturiert: *„[…] in order to widen their applicability in a variety of different contexts.”* (Nentwig & Waddington 2005, S. 78) und (Interview mit Lijnse, S.4, Z. 45 ff.; ebenso Interview mit van der Valk, S. 5, Z. 35-38 und S. 7, Z. 5-7): *„[…] to give students an insight in the structure of physics, so in abstract physics to make the concepts versatile to have a good transfer from the context were it was learned, it was developed by the students to new contexts.”*

Die angesprochenen Ebenen des Transfers in einer PLON-Einheit sind nachfolgend differenziert.

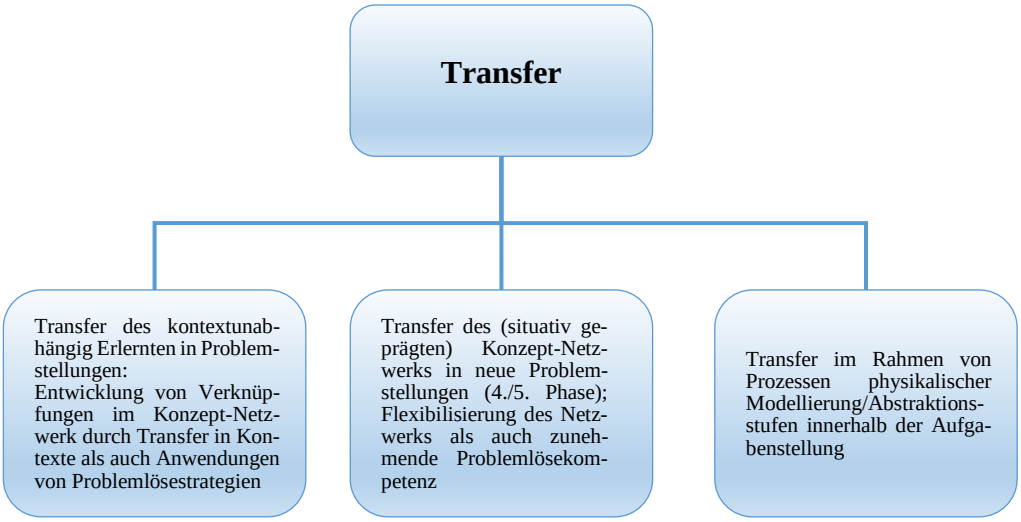


Abbildung 10: Ebenen des Transfers in einer PLON-Einheit

Für die drei Bedingungsfaktoren erfolgreichen Transfers nach Alexander und Murphy: Fachwissen, kognitive und metakognitive Strategien und Motivation, insbesondere Interesse (s. Ausführungen in Kapitel 1.2.1) kann beginnend mit letztgenannten Aspekt festgehalten werden, dass sich durchaus Phasen finden, welche die Motivation des Lernenden durch Eigenständigkeit und Verantwortung betonen, als auch durch die Relevanz des die Einheit prägenden Kontextes. Es muss aber kritisch angemerkt werden, dass zentrale Phasen stark lehrerzentriert ausgearbeitet wurden und eine individuelle Konzept-Entwicklung des Lernenden kaum forcieren, da sie die Situiertheit des Lernprozesses selbst verneinen. Erstgenannter Aspekt des Fachwissens wird in der dritten Phase kontextunabhängig den Lernenden dargelegt und somit ohne jegliche Vernetzungen formuliert. Insbesondere sei durch dieses Vorgehen das Vernachlässigen von Problemlösestrategien angemerkt, welche wiederholt in Kapitel 1.2.1 als zentrale transferfördernde Elemente im unterrichtlichen Prozess angesehen wurden. Zwar werden Problemanlässe insbesondere im Rahmen der vierten Phase aufgezeigt, ihre enge Formulierung gibt aber wenig Raum für problemlösendes Denken und somit der Entwicklung erfolgreicher allgemeiner Strategien zur Problemlösung.

Simons sieht neben dem Fachwissen auch Lösungsstrategien und Ansätze zur Selbstkontrolle als zu transferierende Elemente an und das Bewusstsein des Lernenden hinsichtlich

der transferierten Konzepte. Die daraus resultierende kritische Reflektion des eigenen Erkenntnisprozesses findet sich in PLON geschuldet der damaligen Sichtweise auf Lehren und Lernen nicht wieder. Somit können auch Ansätze „Analogiebegründeten Transfers“ kaum gelingen.

Zwar unterstreicht Volet die Bedeutung lehrerzentrierter Formen im Unterricht hinsichtlich einer Unterstützung von Transferleistungen und rechtfertigt damit Phasen der Dekontextualisierung, in denen der fachliche Inhalt von der konkreten Lernsituation gelöst und als generelle Konzepte insbesondere vom Lehrenden hervorgehoben werden, doch findet sich ein solches Vorgehen bei PLON nicht wieder. Vielmehr werden die fachlichen Konzepte nicht situiert erarbeitet, wodurch die ebenfalls von Volet geforderte Verknüpfung erlernter Konzepte kaum möglich sein wird. Eine generelle Dekontextualisierung ist aufgrund der Anlage nicht leistbar. Dies kann der Lernende nur im Analogieschluss durch Problemlösung in verschiedensten Kontexten, welches in der vorletzten als auch letzten Phase der Unterrichtskonzeption angenommen werden könnte. Wie bereits angedeutet, bleibt im Rahmen dieser Phasen durch die Gestaltung der Aufgabenstellung eine echte Problemlösung weitestgehend aus. Neben der Transferdistanz fehlt zudem eine konkrete Differenzierung bezüglich der unterschiedlichen Repräsentationsebenen des Inhalts in der Aufgabenstellung, wie sie in den didaktischen Ansätzen der Mathematik und Chemie angesprochen werden und die Transferkompetenz fördern sollten, da sie entscheidend für die Bildung eines kohärenten Konzept-Netzwerks nach Mayer sind (s. Kapitel 1.2.1).

Zentral und kritisch anzumerken in der Unterrichtskonzeption von PLON ist somit, dass der „Mythos vom Transfer“ (s. Kapitel 1.2.1) nur dann unterrichtliche Realität wird, wenn nicht ausschließlich das zu transferierende Wissen erlernt wird, sondern vielmehr das Transferieren selbst im Unterricht geübt wird. Ebenjener Aspekt wird im didaktischen Ansatz größtenteils vernachlässigt. Bezüglich der Ausgestaltung der Fragestellungen, welche das Transferieren des Fachinhalts im Sinne einer Kontextualisierung fordern, werden keinerlei Kriterien zur Gestaltung dieser deutlich, so z. B. um das Erkennen von Analogien zu forcieren, als auch hinsichtlich der gewählten Transferdistanz oder den angesprochenen Argumentationsebenen der Fachwissenschaft.

Die Reflektion des eigenen Erkenntnisprozesses bleibt u. a. aufgrund der Rolle des Lernenden in seinem eigenen Lernprozess aus bzw. wird nicht eingefordert, obwohl Jüngst gerade dieses als „neuralgischen Punkt“ in der Unterstützung von Transferleistungen herausstellt, um Hauptschritte des Problemlöseprozesses zu erkennen und somit flexibel auf neue Problemstellungen transferieren zu können (s. Kapitel 1.2.1). Ebenjenes Potential lässt sich bei

PLON auch dadurch vermissen, als dass der fachliche Inhalt selbst nicht kontextbasiert Erarbeitung erfährt. Entsprechend der „Theorie der identischen Elemente“ und der damit verbundenen Nähe aus Lern- und Anwendungssituation, kann der Lernende aufgrund der fehlenden Kontextbasierung in der Erarbeitungsphase diese Elemente durch Analogieschlüsse nicht identifizieren. In den nachfolgenden Phasen wird er demnach durch die Aufforderung zur Anwendung der fachlichen Konzepte zunächst zur eigenständigen Bildung von Verknüpfungen zwischen den einzelnen Elementen des Erlernten aufgefordert, wobei er diese ohne Analogieschluss zu leisten hat, sowie zur Anwendung von Problemlösestrategien, die keinesfalls transparent dargelegt wurden. Auch „Ordnungshilfen“, welche nach Ausubel und Robinson notwendig für die Unterstützung von Transferleistungen sind, finden sich in den „thematic units“ nicht.

Der didaktische Ansatz von PLON versteht offensichtlich den Transfer als Übertragung von Wissen an sich. Demgegenüber finden sich jedoch die Aussagen u. a. von Pennington et al. bezüglich der Nutzungsspezifität prozeduralen Wissens. Bei einem Transferprozess werde demnach nicht Wissen an sich übertragen, *„sondern die bereichs- und fertigkeitsspezifische Nutzung dieses Wissens“* (Kapitel 1.2.1). PLON vernachlässigt die Bedeutung der Situiertheit fachlicher Konzepte als auch besonders die Bedeutung von Problemlösestrategien.

„[…] after phase two there is no development of the physics concepts anymore, accept that students are asked to apply their physics knowledge to these practical situations and by applying it, o.k. that might also induce some further development, o.k. there is a difference between knowing something and knowing what to do with what you know. So in that sense there is still a development, but not as far as knowing the concepts is concerned. There might be a development in knowing how to apply the concepts to specific situations […]”. (zweites Interview mit Kortland, S. 8, Z. 21-26).

Die Reaktion auf die mangelnden Ergebnisse bezüglich der Transferleistungen der Lernenden in PLON-Einheiten führte – wie bereits angemerkt - zur Entwicklung von „systematic units“. In ebenjenen Einheiten wurden die auf der Grundlage der Transferforschung festgestellten Defizite der Konzeption bezüglich transferfördernder Elemente umgesetzt, indem sie eine Vernetzung der Konzepte forcieren, Basiskonzepte als Ordnungselemente einführen und Problemlösestrategien betonen.

1.2.2.3 Das Verständnis und die Förderung von Transfer im didaktischen Ansatz von „Chemie im Kontext" (CHiK)

Der kontextbasierte, didaktische Ansatz von „Chemie im Kontext" (CHiK) wurde gemeinsam von den Universitäten Oldenburg, Wuppertal und Dortmund sowie dem Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (und Mathematik) in Kiel (IPN) entwickelt. Im Gegensatz zum zuvor dargelegten Konzept von MIC basiert eine CHiK-Einheit auf einem Kontext, in dessen Rahmen die zu betrachtenden Fachinhalte Bearbeitung finden (Nentwig & Waddington 2005, 155-156): *„The starting point of each teaching unit is a question or an issue, that is considered relevant to students either for themselves as individuals, for their immediate community or more globally for the society they live in. […] Chemical knowledge is used to elaborate such issues, and from this knowledge a limited number of basic chemical concepts are abstracted in the course of the school year(s) […]."* In der Struktur der didaktischen Konzeption finden sich allerdings weitere Problemsituationen am Ende einer Einheit, um das Erlernte anzuwenden (Rekontextualisierung) analog zum Ansatz von PLON. Solche Problemstellungen können im Sinne der Definition des Begriffs „Kontext" in einer MIC-Einheit ebenfalls als ein solcher gefasst werden.

Unter dem einer Einheit zugrunde liegenden Kontext werden lebensweltliche, authentische Frage- und Problemstellungen verstanden, welche die Bedeutung der Naturwissenschaft Chemie meist in fächerübergreifenden Zusammenhängen herausstellen sollen, wodurch die Theorie des „situierten Lernens" Betonung findet. Der „Kontext" strebt somit eine deutliche Nähe aus Lern- und Anwendungssituation an, wodurch das Auftreten von Transferleistungen - entsprechend der „Theorie der identischen Elemente" wie sie von Thorndike und Woodworth zu Beginn des 20. Jahrhunderts formuliert wurde - unterstützt werden sollte (s. Kapitel 1.2.1).

Durch die Authentizität und lebensweltliche Bedeutung des Kontextes, zusammen mit der methodischen, auf Selbstständigkeit der Lernenden und Eigenverantwortlichkeit in ihrem individuellen Lern- und Erkenntnisprozess ausgerichteten unterrichtlichen Ausgestaltung einer Einheit, werden grundlegende Forderungen der Motivationstheorie Deci und Ryans konzeptionell umgesetzt (s. Kapitel 1.1.2) und somit ein zentraler Bedingungsfaktor erfolgreichen Transfers entsprechend den Aussagen Alexanders und Murphys unterrichtlich beachtet (s. Kapitel 1.2.1). Die weiteren von Alexander und Murphy genannten Grundlagen für die Förderung von Transferleistungen (Fachwissen, kognitive und metakognitive Strategien) sind ebenfalls in den Kontext verankert. So wird das Fachwissen insbesondere in der 3.

Phase erarbeitet und Problemlöseprozesse finden sich im Rahmen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses durch steten Rückbezug zum Kontext.

Der „Kontext“ bildet zudem einen (assoziativen) „Anker“, der die Anwendung situativ erworbenen Wissens im Rahmen eines Problemlöseprozesses forciert, sowie dessen Strukturierung zu Basiskonzepten. Als „Anker“ vermag er das Erkennen von Analogien zwischen Problemstellungen zu erleichtern, welches als Voraussetzung „Analogiebegründeten Transfers“ formuliert wurde (s. Kapitel 1.2.1).

Festzustellen sind deutliche Parallelen zwischen dem mathematischen Ansatz „Mathematik im Kontext“ und CHiK hinsichtlich der Rolle und des Verständnisses vom “Kontext” in der didaktischen Konzeption als auch der Orientierung bzw. der Aufarbeitung der Fachwissenschaft im Sinne zentraler Konzepte (de Lange 1999, S. 3): *„The mathematical competencies that are needed can be categorized into three “levels” and the mathematical concepts into strands or “big ideas”*[55]*.”* Im Rahmen der Unterrichtskonzeption „Chemie im Kontext“ wurden die nachfolgenden zentralen Konzepte formuliert: Stoff-Teilchen, Struktur-Eigenschaft, Donator-Akzeptor, Energie und Entropie, chemisches Gleichgewicht und Reaktionsgeschwindigkeit (Demuth, Ralle & Parchmann 2005). Sie dienen als Basis eines sich gemäß der konstruktivistischen Lehr-Lerntheorie entwickelnden Konzept-Netzwerks und dienen der Verknüpfung im Sinne eines „roten Fadens“ zwischen den Kontexteinheiten und somit der lebensweltlichen Einbettung der Fachinhalte (eine ausführliche Definition findet sich in (Demuth, Ralle & Parchmann 2005) als auch eine umfassende Darstellung angestrebter Ziele). Letzterer Aspekt unterstreicht die Bedeutung von „Ordnungshilfen“ als strukturierende Elemente und Voraussetzung für einen Transfer erlernter Konzepte in neue Problemstellungen wie es bereits in Kapitel 1.2.1 ausgeführt wurde. Insbesondere bezüglich sequentiellen Transfers führen Ausubel und Robinson jene „Ordnungshilfen“ an, wobei auch Simons deutliche Verknüpfungen zwischen den Kontexten zur Unterstützung von Transferprozessen als notwendig hervorhebt wie sie in der vierten Phase der Dekontextualisierung angestrebt werden.

Im Zusammenhang mit der Authentizität und Relevanz des einer Einheit zugrunde liegenden Kontextes fällt auch hier der Begriff der (scientific) „literacy“ als (naturwissenschaftliche) Grundbildung wie dieser von der OECD im Rahmen der PISA-Studie 1999 erstmals formuliert wird (s. hierzu auch (Parchmann et al. 2006) hinsichtlich einer ausführlichen Definition des Begriffs). Hierbei handelt es sich um einen Prozess der Erkenntnisgewinnung und somit

[55] Change and growth. Space and shape. Quantitative reasoning. Uncertainty (s. de Lange 1999, S. 20)

letztlich der fundierten Urteilsfähigkeit, der das Formulieren naturwissenschaftlicher Fragestellungen vorsieht und deren Beantwortung und Beurteilung vor dem Hintergrund des Kontextes mit Hilfe naturwissenschaftlicher Kenntnisse. Ein solcher Prozess kann damit analog zu den zuvor dargelegten Schritten einer mathematischen Problemlösung gesehen werden, welche im MIC-Ansatz wiederholt eingefordert wird.

Auch die argumentativen Ebenen der Fachwissenschaft Chemie zeigen eine dem mathematischen Ansatz entsprechende Dreiteilung zunehmender Abstraktion, die sich ebenso in jeder CHiK-Einheit findet. Ausgangspunkt jedes Problemlöseprozesses ist die konkret-fassbare Ebene des Phänomens in der Realwelt. Im Sinne einer naturwissenschaftlichen Modellierung findet dies Darstellung auf Teilchenebene in einem geeigneten Modell, um eine Erklärung für das beobachtete Phänomen auf der Ebene der kleinsten, der konkreten Anschauung nicht unmittelbar zugänglichen Bausteine der Materie abzuleiten. Als dritte und zugleich abstrakteste Argumentationsebene findet sich die formelmäßige Darstellung ablaufender Prozesse und Reaktionen, die zugleich auf eine der Chemie immanente Symbolik zurückgreift und allgemeine (Vor-)Aussagen zulässt. Jene Repräsentationsebenen des fachlichen Inhalts sieht Mayer als entscheidend für die Bildung eines kohärenten Konzept-Netzwerks an, wobei kritisch zu reflektieren ist, inwieweit diese Ausarbeitung und Betonung im Rahmen einer Einheit im unterrichtlichen Prozess erfahren. Dies wird insbesondere durch die Aussagen der Lehrkräfte in der nachfolgenden Interviewstudie zu klären sein (Kapitel 2).

Eine „Chemie im Kontext“-Einheit zeigt einen vierphasigen Aufbau aus Begegnungsphase, Neugier- und Planungsphase, Erarbeitungsphase, Vernetzungs- und Vertiefungsphase. Insbesondere der letzten Phase kommt vor dem Hintergrund des Fokus der Arbeit und der zentralen Fragestellung der Betrachtung kontextbasierter Unterrichtseinheiten, der Förderung und Unterstützung von Transferprozessen eine zentrale Rolle zu, die nachfolgend noch weiter zu diskutieren sein wird. Dabei liegt das zugrunde liegende Verständnis von Transfer der nachfolgenden Betrachtung zu Grunde (Gilbert, Pilot & Bulte 2010, S. 23): *„In general, a transfer can be considered as the learner´s use of parts of a mental map, derived in relation to a focal event, meaningful in another focal event. Transfer, as defined in this way, is related to the difference in the conceptual structures that are involved in the two or more focal events.”*[56], wobei festgehalten werden kann, dass jener Transferprozess der Anwendung des vermittelten Wissens in neuen Problemsituationen im traditionellen Unterricht nur ungenügend gelingt (Demuth, Ralle & Parchmann 2005).

[56] Weitergehende Betrachtung hinsichtlich nahen und fernen Transfers kann unter dem Fokus der Betrachtungen entfallen.

Analog zur Differenzierung Simons in Kapitel 1.2.1 müssen jene Transferprozesse bezüglich des Transfers vom Kontext in eine neue Problemstellung bzw. jenes Transfers innerhalb eines naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses genauer betrachtet werden. Während bei ersterem das individuelle und situativ erworbene Konzept-Netzwerk des Lernenden, sowie erfolgreich angewandte Problemlösestrategien übertragen werden und im Idealfall durch Analogieschluss und Erkennen struktureller Ähnlichkeiten an die neue Problemsituation angepasst werden, schließen sich im Kontext eines naturwissenschaftlichen Problemlöseprozesses weitere Transferprozesse an, die u. a. unterschiedliche Abstraktionsebenen ansprechen.

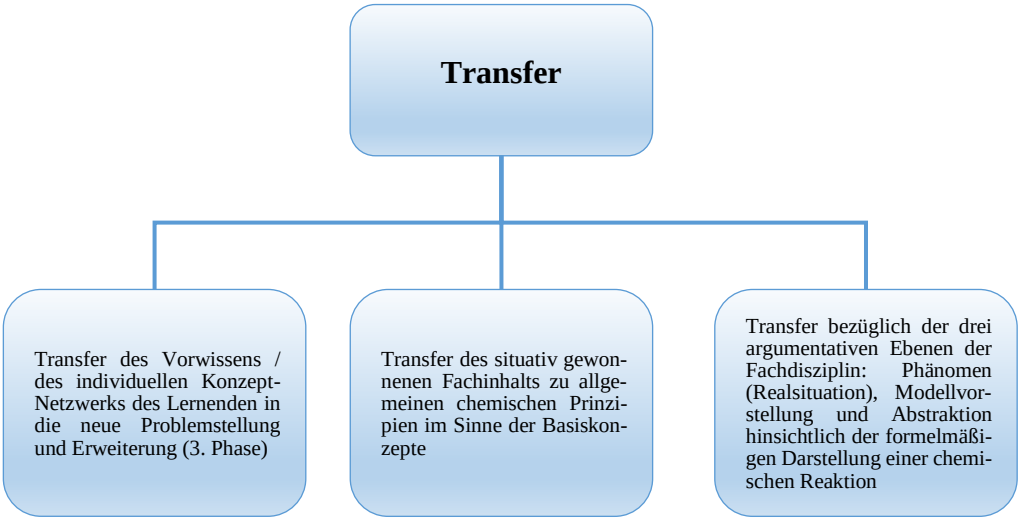


Abbildung 11: Transferebenen im Rahmen einer CHiK-Einheit

Sicherlich stellen alle drei Arten der in einer CHiK-Einheit vorliegenden Ausprägungen von Transfer wechselseitige Beziehungen dar. Insbesondere bezüglich erstgenannten Aspekts auftretenden Transfers, als auch bezüglich einer Rekontextualisierung am Ende einer CHiK-Einheit bleibt die Gestaltung des jeweiligen Kontextes und dessen Struktur kritisch. Abgeleitet von der „Theorie der identischen Elemente“ formulieren Gestaltpsychologen den Begriff der „Ähnlichkeit“ zwischen den Aufgabenstellungen, die eine Aktivierung analoger Verhaltensweisen bzw. kognitiver Prozesse bedingt und somit erfolgreichen Transfer ermöglichen sollte. Dies unterstreichen auch Singley und Anderson, die von identischen Fertigkeiten und Lösungswegen sprechen, die die Aufgabenkontexte einfordern sollten. Sicher-

lich greift eine solche Auffassung zu kurz und spricht bezüglich der Transferdistanz entsprechend der Klassifizierung Ausubels und Robinsons wohl eher von einem „lateralen Transfer“. Doch auch Detterman – fokussiert auf „nahen Transfer“ – nennt strukturelle Ähnlichkeiten, Hinweise und Schlüsselwörter als entscheidende Bedingungsfaktoren (s. Kapitel 1.2.1).

Berücksichtigt man die Aussagen „Analogiebegründeten Transfers“, geht es vor allem um das Erkennen von Analogien durch den „Laien“, wobei er zwischen struktureller Ähnlichkeit und Oberflächenähnlichkeit unterscheiden muss. Entsprechend den Aussagen Starks ist bei den gewählten Lernkontexten zu beachten, dass sie eine gleiche Tiefenstruktur aufweisen sollten, also lediglich in der Problemstellung selbst, nicht jedoch im zugrunde liegenden fachlichen Konzept variieren sollten (s. Kapitel 1.2.1).

Obige Struktur von Transferprozessen im Rahmen einer CHiK-Einheit betont die Bedeutung des zugrunde liegenden Problemlöseprozesses, in welchem vor allem erst- und drittgenannter Aspekt Verankerung erfahren. Jene bereits mehrfach diskutierte 4. Phase im Rahmen einer CHiK-Einheit, fokussiert auf die Entwicklung von Basiskonzepten, wobei diese als allgemeingültige Prinzipien sicherlich nicht aus einem Beispiel abgeleitet werden können, sondern sich vielmehr über eine definierte Abfolge kontextbasierter Problemstellungen ergeben werden, so z. B. aus sich anschließenden Übungskontexten im Rahmen einer Rekontextualisierung.

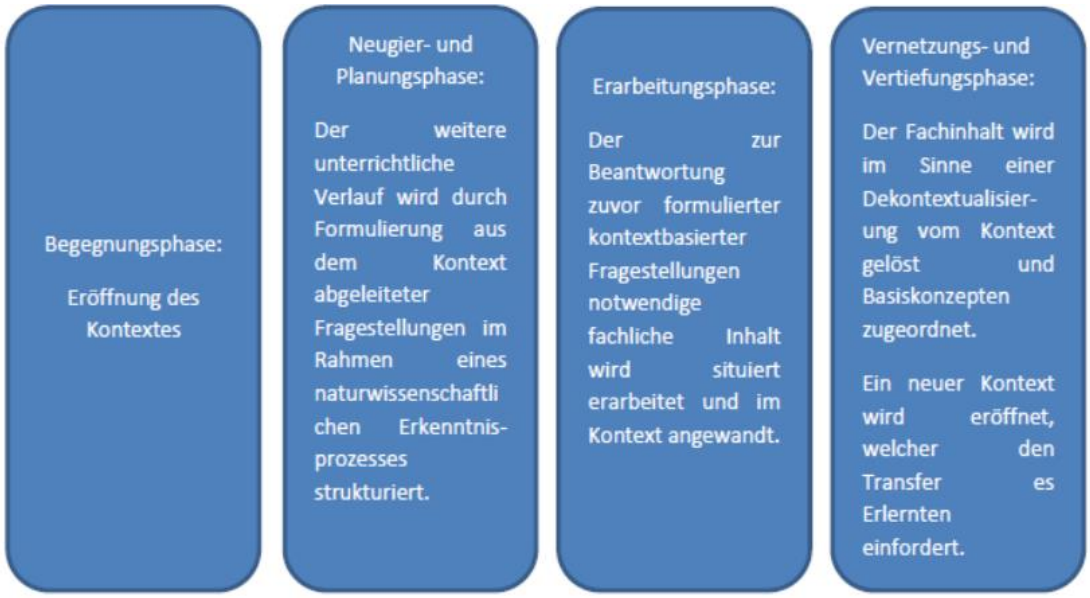


Abbildung 12: Die vier Phasen der Unterrichtskonzeption „Chemie im Kontext“

Vor dem Hintergrund der Vorstellungen Bruners vom Konzept-Netzwerk, können zwar Wissen und Regeln dekontextualisiert in jener Phase zusammengefasst werden, die kognitive Struktur selbst besteht aber zudem aus Problemlöseaspekten und daraus resultierenden Vernetzungen im Netzwerk selbst, welche nur im Kontext erlernt und auch nur durch eine gezielte Kontextabfolge zu flexibilisieren sein werden (s. auch Befunde Penningtons zur „Nutzungsspezifität prozeduralen Wissens“ Kapitel 1.2.1). Es bleibt somit in der unterrichtlichen Praxis und damit in der Interviewstudie zu beleuchten, nach welchen Kriterien Übungskontexte ausgewählt werden, um dadurch die Ausgestaltung einer solchen Phase in der Praxis aufzeigen zu können.

Die erste Phase der Begegnung eröffnet den Kontext und lässt in ihrer offenen Gestaltung Raum für die individuellen Fragestellungen und Vorkenntnisse der Lernenden, wodurch es zur Rekapitulation des bereits bestehenden individuellen Konzeptnetzwerks der Lernenden kommt und im Rahmen der zweiten Phase in einer zentralen Problemstellung für die SchülerInnen mündet, die den weiteren unterrichtlichen Verlauf strukturiert. Solch selbstständige Strukturierung des eigenen Lernprozesses, welche sich auch in den anschließenden Phasen findet, basiert auf der „Selbstbestimmungstheorie der Motivation“ nach Deci und Ryan.
Der in der Erarbeitungsphase entwickelte chemische Inhalt als Problemlösung wird in der letzten Phase vom Kontext gelöst und im Sinne einer Dekontextualisierung zu Basiskonzepten generalisiert bzw. eingeordnet. Solch zentrale Konzepte wurden bereits in der SINUS-Expertise angesprochen, um den Lernenden im Aufbau strukturierten Wissens als Grundlage erfolgreicher Transferprozesse zu unterstützen (Demuth, Ralle & Parchmann 2005). Angedacht ist in dieser letzten Phase auch die Eröffnung eines neuen Kontextes, welcher der Übung, Anwendung, also des Transfers der zuvor erarbeiteten Inhalte dienen soll. Hier findet sich ein zentraler Unterschied zum didaktischen Ansatz von „Mathematik im Kontext“, jedoch eine Vergleichbarkeit zum Ansatz von PLON. Zwar wird der Fachinhalt kontextbasiert erarbeitet, jedoch dann zunächst vom Kontext gelöst (Dekontextualisierung), um ihn dann erneut in einer neuen Problemstellung anzuwenden. Dieser Prozess wird ausführlich in (Demuth, Ralle & Parchmann 2005) dargelegt und greift letztlich die Problematik „situiertem Wissenserwerb“ versus „systematischem Wissensaufbau“ auf, welcher auch nachfolgend im Rahmen der Forschungsarbeit zu diskutieren sein wird.

Die zuvor beschriebene allgemeine Struktur einer CHiK-Einheit wird in der folgenden Abbildung dargestellt (grau: Kompetenzbereich „Bewerten“, rot: Kompetenzbereich „Kommunikation“, grün: Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“, blau: Kompetenzbereich „Fachwissen“).

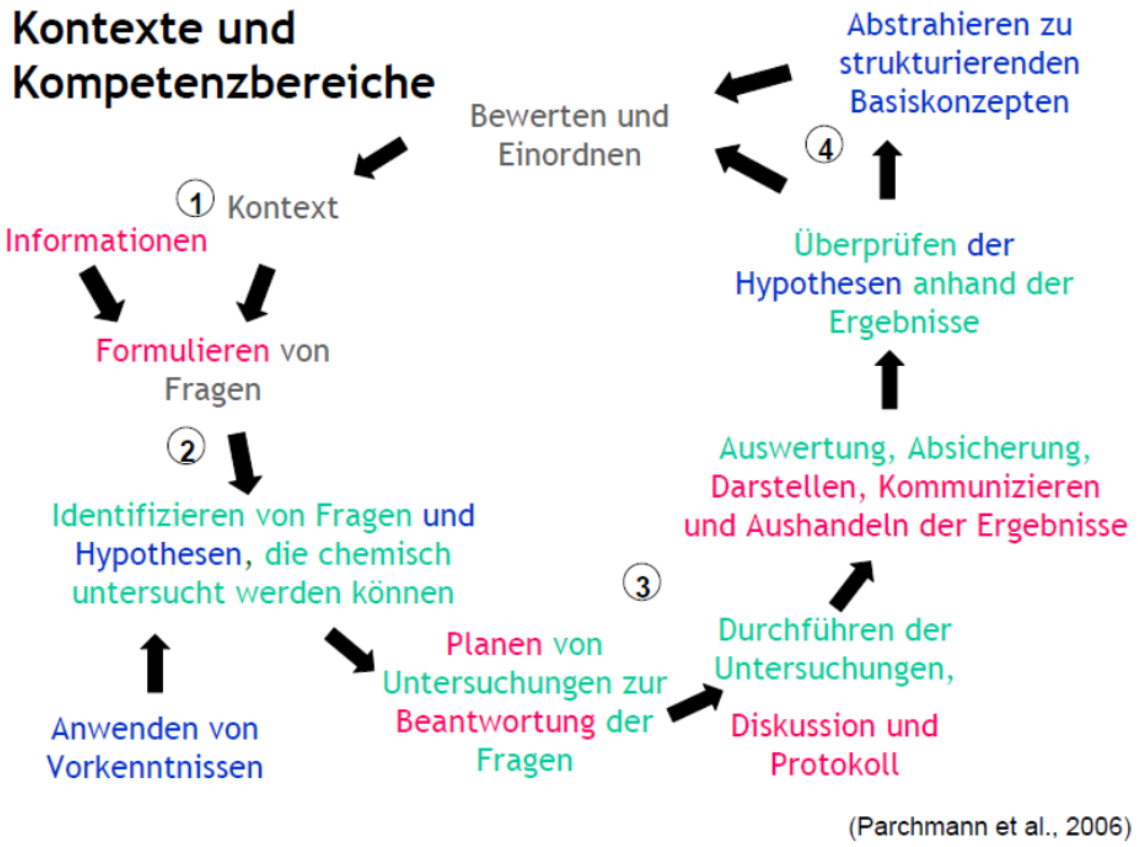


Abbildung 13: Kontexte und Kompetenzbereiche in einer CHiK-Einheit

„In order to make knowledge applicable and meaningful outside the learning context, it needs to be decontextualized (Greeno et al. 1993). Generalizable concepts must be abstracted from situated knowledge (Bünder et al. 2003).” (Nentwig & Waddington 2005, S. 161). Das Zitat unterstreicht einen Ansatz der Transferforschung, der eine Phase der Dekontextualisierung als unabdingbar für erfolgreiche Transferprozesse betrachtet (s. Kapitel 1.2.1) und somit die Bedeutung der vierten und letzten Phase einer CHiK-Einheit unterstreicht. Auch Volet betont die Bedeutung lehrerzentrierter Formen im unterrichtlichen Prozess zur Unterstützung von Transferleistungen und rechtfertigt damit Phasen der Dekontextualisierung. In jenen Phasen sollte der situativ erworbene fachliche Inhalt von der Lernsituation gelöst und als generelle Konzepte vom Lehrenden hervorgehoben werden, wie es in der didaktischen Konzeption von CHiK im Rahmen der Basiskonzepte angestrebt wird.

Demgegenüber finden sich jene Vertreter, die eine solche Phase durch eine gezielte Abfolge von Kontexten gestalten, wodurch der Lernende durch Analogieschlüsse allgemeine Prinzipien erkennen und eigenständig Basiskonzepte ableiten kann. So betonen u. a. Konrad als auch Stark die Bedeutung multipler Kontexte um „träges Wissen“ zugunsten möglichen Transfers einzudämmen (s. Kapitel 1.2.1). Der Lernende vermag im Erkennen von Analogien über vielfältige Problemstellungen hinweg Schwerpunkte eines Konzepts zu erkennen und das eigene, individuelle Konzept-Netzwerk zu flexibilisieren (s. auch Aussagen von Adams, Solomon und Perkins in Kapitel 1.2.1). Analoges Denken wurde bereits in Kapitel 1.2.1 als ein wichtiger Aspekt auf dem Weg eines erfolgreichen Transfer- und Problemlöseprozesses herausgestellt. Es bleibt somit nachfolgend im Rahmen der Fallstudien zu klären, inwieweit ein solches Vorgehen in schulischen Lernwelten tragfähig ist und auf ebenjene Phase der Dekontextualisierung verzichtet werden kann. Sicherlich wird dabei das Alter der Lernenden als auch die methodische Begleitung der Reflektion des eigenen Problemlöse- und Erkenntnisprozesses entscheidend sein, was Simons mit einer „Transferkultur“ eingefordert hat. Jene von Jüngst als „Neuralgischer Punkt“ bezeichnete Reflektion des eigenen Lösungswegs zur Unterstützung von Transferleistungen bleibt in der methodischen Umsetzung im Rahmen der Interviewstudie mit CHiK-Lehrkräften zu analysieren, wobei sich die Selbstständigkeit des Lernenden im Erkenntnisprozess in der Anlage der Konzeption wiederfindet. Es bleibt somit zu evaluieren, inwieweit der Lernende die Strukturierung seines eigenen Konzept-Netzwerks zu leisten vermag, also ob er in der Lage ist, seinen eigenen Erkenntnisprozess zu reflektieren und Analogien über eine Vielzahl von Problemstellungen zu erkennen und allgemeine Prinzipien abzuleiten (Nentwig & Waddington 2005, S. 167): *„[…] recollection and dekontextualization of scientific concepts are not a problem for most of the students. Recontextualization, however, i.e.the application of a concept to a next context appears to be a difficult task (Steinhoff 2004).”*

Im Sinne einer Transferförderung sollte das Ziel die Flexibilisierung des erarbeiteten Konzept-Netzwerks sein, welche durch die Anwendung des Erlernten in neuen kontextuellen Zusammenhängen geleistet werden kann (Nentwig & Waddington 2005, S. 161): *„This can be achieved with the use of multiple contexts; i.e. similar problems are given in different contexts, which need the same conceptual knowledge for their solution (Vanderbilt 1997).“* bzw. (Gilbert, Pilot & Bulte 2010, S. 30): *„It seems evident that, if we want students to achieve transferability of thinking patterns between contexts, we should provide students with different contexts in which the use of thinking patterns are analogous to a degree that*

is congruent with their zones of proximal development." Hierzu wäre eine Rekontextualisierung in der letzten Phase einer CHiK-Einheit unbedingt einzufordern.

Während die zweite Phase des didaktischen Ansatzes von „Chemie im Kontext" insbesondere die Betonung des Vorwissens der Lernenden vorsieht, im Sinne einer Aktivierung des bestehenden Konzept-Netzwerks (Basiskonzepte) ebenso wie hinsichtlich einer Integration lebensweltlicher Vorstellungen und Konzepte der SchülerInnen, stellt sich nach einer Erarbeitungsphase neuer fachlicher Inhalte besonders die letzte Phase – wie bereits mehrfach betont – als „Gelenkstelle" transferunterstützender Prozesse dar. In der Analyse wird diese vierte Phase wie folgt umrissen (Bulte, Pilot & Gilbert 2008, S. 13 ff.): *„Argumentation/decision making & structuring – Abstraction of structured basic concepts"* Während sich ersteres als ein Rückbezug zu Kontextfragestellungen darstellt und somit einen Transferprozess einfordert (Pilot & Bulte 2008, S. 26, Interview mit Parchmann): *„(...) were the students apply their knowledge (...)."* findet sich im Begriff der „abstraction" jene schon angesprochene Dekontextualisierung im Sinne definierter Basiskonzepte wieder (Bulte, Pilot & Gilbert 2008, S. 15, Interview mit Parchmann): *„We always have a final overview on the blackboard. […] So there should be maybe a sentence beforehand, to summarize it…for example with a concept-map, to summarize the chemical knowledge that came from the experiments […] and that should be here actually before you can do the debate, otherwise the students would not use it."*

Letzteres Zitat unterstreicht erneut die dem Ansatz zugrunde liegende Lehr-Lernvorstellung einer notwendigen Dekontextualisierung, die vor dem Hintergrund der geführten Diskussion der Ansätze aus der Transferforschung (Kapitel 1.2.1) fraglich bleibt. Gerechtfertigt wird dies im zitierten Interview durch Beobachtungen, dass die Lernenden das zuvor erarbeitete Fachwissen zum kompetenten Umgang mit kontextuellen Fragestellungen nicht anwendeten, vielmehr, so zeigten Studien, auf lebensweltlich geprägte Konzepte zurückgriffen (s. hierzu auch die Expertise der BLK-Projektgruppe, welche als defizitären Bereich naturwissenschaftlicher Bildung den Aufbau systematischen Wissens als Grundlage der Übertragung auf komplexere Fragestellungen diagnostiziert (Demuth, Ralle & Parchmann 2005)).

Durch eine vorangehende Zusammenfassung, so die artikulierte Anschauung, könnten sie allerdings auf erworbene Fachkonzepte Bezug nehmen. „Transfer" wird im Rahmen von CHiK-Einheiten als eine Vertiefung und Erweiterung des bestehenden Konzept-Netzwerks der Lernenden gesehen („richer network") (Parchmann, Gräsel et al. 2006, S. 1050-1051): *„The idea of ChiK is not to develop a certain concept through one context-based unit only, but rather to pick up the same basic concepts again and again in each unit. Only the*

combination of different units will lead to the development of such concepts, which must be connected and abstracted from the former learning context." Die folgende Abbildung verdeutlicht diese strukturelle Verknüpfung der Einheiten und damit den Transfer erlernter Fachinhalte bzw. Basiskonzepte im neuen Kontext. Es wird hieran zudem klar, dass der Kontext in einer CHiK-Einheit weitergefasst ist als in einer MIC-Einheit, in der die Abfolge der Problemstellungen häufiger jene Transferprozesse einfordern.

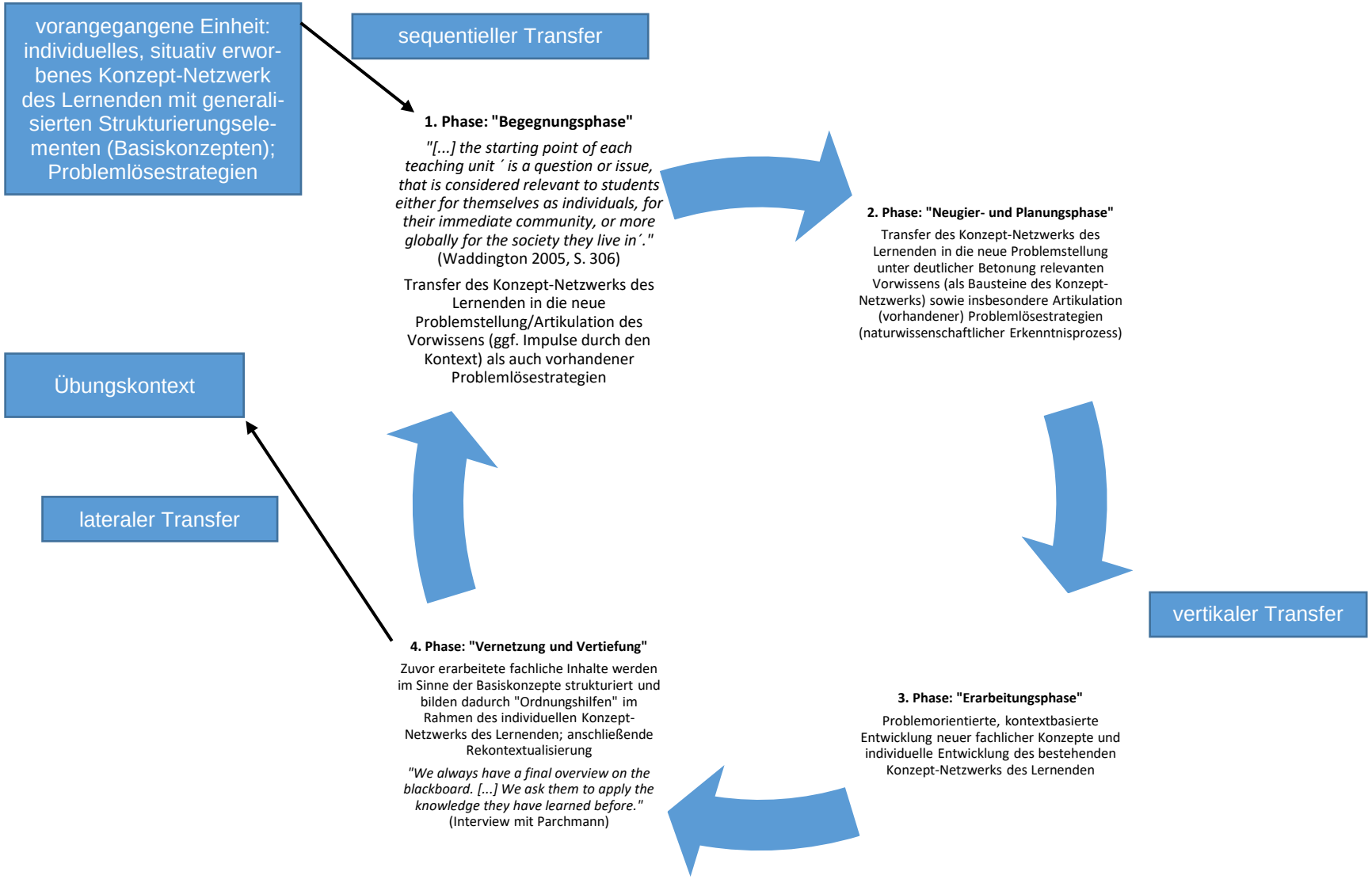


Abbildung 14: Entwicklung des Konzept-Netzwerks unter besonderer Berücksichtigung von Transferprozessen in einer CHiK-Einheit

Die obige Abbildung unterstreicht, dass die vierte Phase aus einer Dekontextualisierung als auch Rekontextualisierung des erarbeiteten Fachinhalts besteht, wobei die Ausgestaltung letztgenannten Aspekts neuer Übungskontexte in der unterrichtlichen Praxis und somit in nachfolgender Interviewstudie mit CHiK-Lehrkräften zu beleuchten sein wird (Kapitel 2). Festzuhalten ist allerdings, dass jene Rekontextualisierung der Auffassung, dass nicht nur Wissen an sich, sondern zudem Problemlösestrategien übertragen werden, gerecht wird, wobei erstgenannter Aspekt, welcher die limitierten Basiskonzepte als transferunterstützende Elemente herausgestellt, der Nutzungsspezifität des situiert erworbenen Wissens begegnet (zur Bedeutung und Rolle der Basiskonzepte siehe u. a. (Demuth, Ralle & Parchmann 2005)).

Bezüglich der Darstellung obiger Struktur einer CHiK-Einheit stellt sich erneut die 4. Phase vor dem Hintergrund transferfördernder Prozesse als zentral heraus. Während die Notwendigkeit zur Rekontextualisierung unbestritten in allen Ansätzen der Transferforschung ist, bleibt eine Dekontextualisierung fraglich und soll in den nachfolgenden Fallstudien zugunsten einer Abfolge wohldefinierter Kontexte entsprechend der Aussagen „Analogiebegründeten Transfers“ umgesetzt werden. Genauer zu analysieren bezüglich der unterrichtlichen Umsetzung bleibt in der Darstellung der didaktischen Konzeption die Gestaltung der Übungen im Rahmen der Rekontextualisierung. Es bleibt auch zu klären, inwiefern es sich hierbei um Kontexte im Sinne der Konzeption handelt und somit ein realer Problemlöseprozess eingefordert wird, was zudem die Transferdistanz definieren würde. So stellt sich die Konzeption nachfolgender Kontexte, wie bereits zuvor ausgeführt, als entscheidend bezüglich erfolgreicher Transferprozesse dar.

Im Rahmen der Interviewstudie bleibt somit neben dem Verständnis von der Struktur einer CHiK-Einheit der Lehrkräfte und somit des Einblicks in die unterrichtliche Praxis, insbesondere die Ausgestaltung der vierten Phase entscheidend, sowie die zugrunde liegende Vorstellung vom Transferprozess. Hierbei soll in besonderer Weise die Auswahl und Konzeption der Übungskontexte betrachtet werden. Bezüglich gewählter Methodik sollen Formen der Unterstützung der Reflektion des eigenen Erkenntnisprozesses des Lernenden herausgestellt werden, ebenso wie eine mögliche Differenzierung der Abstraktionsebenen des Lernprozesses durch den Lehrenden.

1.2.2.4 Fazit zur Betrachtung der Ansätze von MIC, PLON und CHiK

Bei der Darstellung aller drei Ansätze fällt die unterschiedliche Rolle und Funktion des Kontextes auf. Neben der gemeinsam formulierten Bedeutung des Kontextes als motivationale

Grundlage zur Erarbeitung fachlicher Inhalte durch dessen lebensweltliche Relevanz für den Lernenden zeigt sich der Kontext in seiner Ausprägung und Komplexität im Rahmen einer Einheit als deutlich variierend. Der Kontext umspannt in einer CHiK-Einheit den gesamten unterrichtlichen Prozess, wobei die fachlichen Konzepte in einem kontextbasierten Problemlöseprozess Erarbeitung erfahren, in dessen letzter Phase eine Dekontextualisierung der Inhalte vom Kontext vor einer erneuten Rekontextualisierung als notwendig angesehen wird. Besondere Betonung erfahren im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess einer CHiK-Einheit die Repräsentationsebenen des Inhalts und somit eine Facette des Transfers.

Demgegenüber ist der Kontext in einer MIC-Einheit insofern enger gefasst, als dass eine definierte Abfolge von Kontexten die Struktur einer Einheit bestimmt. Der fachliche Inhalt dient dabei als „roter Faden“ der hinsichtlich zunehmender Abstraktion Transferprozesse impliziert. Im Rahmen der Konzeption von MIC ist insbesondere der „Analogiebegründete Transfer“ unterrichtlich umgesetzt, indem durch die Erkenntnis von Analogien bei variierender Oberflächenstruktur der Problemstellung der zugrunde liegende mathematische Inhalt Verallgemeinerung im Sinne eines fachlichen Konzepts erfährt. In MIC sind die Phasen der Begegnung mit dem Kontext als auch der Planung des Erkenntnisprozesses gerafft zugunsten des der Unterrichtseinheit immanenten Transfers des Erlernten wiederholt in neue Kontexte, wobei zudem eine Phase der Dekontextualisierung durch die Lehrkraft wegfällt. Dieses soll im Rahmen des betonten „Analogiebegründeten Transfers“ durch den Lernenden individuell eigenständig geleistet werden. Das ist zudem der zentrale Unterschied in den didaktischen Konzeptionen von CHiK und MIC und stellt sich ebenfalls in der Theorie als Fokus der Diskussion dar.

Es bleibt sowohl nach Sichtung der Standpunkte der Transferforschung als auch nach Vergleich der didaktischen Ansätze von CHiK und MIC fraglich, inwiefern eine Phase der Dekontextualisierung durch den Lehrenden zu gestalten ist, oder inwieweit es dem Lernenden zuzumuten ist, dies selbstständig in der Reflektion des eigenen Erkenntnis- und Problemlöseprozesses und somit in der Einsicht vorliegender Analogien zu leisten. Dies zu beurteilen wird im Fokus nachfolgender Fallstudien stehen, wobei sicherlich auch das Alter der Lernenden zu betrachten sein wird, als auch die methodische Unterstützung der Lernenden zur selbstständigen Reflektion.

Im didaktischen Ansatz von PLON findet sich keine derart explizite kontextbasierte Erarbeitung der physikalischen Konzepte, vielmehr beschränkt sich die Bedeutung des Kontextes neben motivationalen Aspekten auf die Anwendung des Erlernten in authentischen, lebensweltlichen Problemsituationen. Eine Phase der Dekontextualisierung ist hier insofern

überflüssig, als dass der fachliche Inhalt bereits kontextunabhängig durch die Lehrperson dargestellt wird, wodurch die Situiertheit von Konzept-Netzwerken weitestgehend zugunsten allgemeiner, von einer Wissensgemeinschaft geteilter Konzept-Bausteine zurückgedrängt wird. Als Folge können situativ bedingte Verknüpfungen im Konzept-Netzwerk durch den Lernenden erst im Transfer in die jeweiligen Problemsituationen gebildet werden. Ebenso fehlt eine deutliche Betonung der Problemlösekompetenzen als zentrales Element erfolgreicher Transferprozesse.

Besonders interessant stellt sich in der Analyse des Ansatzes von PLON die Reaktion auf die festgestellten unbefriedigenden Ergebnisse bezüglich der Transferleistungen der Lernenden dar. Die dargelegte Konzeption sogenannter „systematic units“ stellt sich als Reaktion auf die beobachteten Defizite und somit als Ansatz zur Unterstützung erfolgreicher Transferprozesse beim Lernenden dar. Die darin zu findende stärkere Fokussierung auf Verknüpfungen zwischen den Konzepten, strukturierende Elemente und Problemlösestrategien soll auf einer Abfolge von Kontexten basieren, wodurch wiederum wesentliche Elemente aus der Transferforschung unterrichtliche Umsetzung erfahren.

PLON unterstreicht, dass kontextunabhängig dargelegte Konzepte keineswegs ausreichend für erfolgreiche Transferleistungen des lernenden „Laien“ sind. In Übereinstimmung mit den zentralen Aussagen der Transferforschung sind hierzu zudem motivationale Aspekte, als auch besonders Problemlösestrategien entscheidend. Da insbesondere letztere nicht dekontextualisiert dargelegt werden können, findet sich in allen drei betrachteten Ansätzen eine Abfolge von Kontexten zur Anwendung des Erlernten, so in CHiK im Rahmen einer Rekontextualisierung, MIC als strukturierendes Element in einem der Einheit immanenten Transferprozess und in PLON am Ende der Einheit, bzw. explizit in den „systematic units“ ausgearbeitet, wieder. Die methodische Ausgestaltung ebenjener Phasen scheint dabei von zentraler Bedeutung, so bezüglich möglicher Kriterien zur Gestaltung der Kontexte, als auch hinsichtlich unterstützender Elemente für den Lernenden zur Reflektion des eigenen Lern- und Erkenntnisprozesses. Auch die Berücksichtigung der Argumentationsebenen der Fachwissenschaft als Hilfestellung in einem Transferprozess, sowie die unterschiedlichen Aspekte des zu leistenden Transfers sollten stets definiert werden.

Notwendig scheint es nun vor dem Hintergrund der übergeordneten Fragestellung nach jenen didaktischen Elementen, welche den Transferprozess im kontextbasierten Unterricht forcieren, die unterrichtliche Praxis vor dem Hintergrund der dargestellten didaktischen Konzeption selbst zu reflektieren, wie es bereits in Abbildung 1 bezüglich der Perspektiven zum Verständnis von Transferprozessen angestrebt wurde.

Die nachfolgende Interviewstudie fokussiert sich auf den kontextbasierten Ansatz von CHiK und sollte zunächst die unterrichtliche Umsetzung im Vergleich zur Konzeption selbst analysieren.

- Wie stellt sich die Struktur einer CHiK-Einheit in der unterrichtlichen Praxis dar?
- Welche Schwerpunkte werden vom Lehrenden in einer Einheit gelegt?

Hinsichtlich erstgenannter Fragestellung kann eine große Nähe zwischen skizzierter didaktischer Konzeption und der Unterrichtspraxis von CHiK aufgrund der engen Verflechtung beider im Rahmen sogenannter „Sets“ vermutet werden, wohingegen die von den Lehrenden aufgezeigten Schwerpunkte sich sicherlich abweichend darstellen können. Hieraus kann als Einflussfaktor das individuelle Bild vom Lehr-Lernprozess der jeweiligen Lehrperson abgeleitet werden. Als Schwerpunkt einer CHiK-Unterrichtseinheit wird sich sicherlich bei allen Interviewten die dritte Phase der situativen Erarbeitung und kontextbasierten Anwendung fachlicher Konzepte darstellen.

Motivationale Aspekte im unterrichtlichen Geschehen sollen, als zentrales Element zur Förderung erfolgreicher Transferprozesse in der theoretischen Auseinandersetzung bereits betont, aufgezeigt werden.

- In welcher Weise werden Ansätze zur Förderung der Motivation der Lernenden in der Unterrichtspraxis von CHiK berücksichtigt bzw. konkret umgesetzt?

Dabei kann vermutet werden, dass vor allem der Kontext selbst durch seine Authentizität und lebensweltliche Nähe als Grundlage motivationaler Aspekte gesehen wird. Zudem wird sich die methodisch vielfältige Ausgestaltung einer Unterrichtseinheit geprägt von Selbstständigkeit und Autonomie im Sinne der „Selbstbestimmungstheorie der Motivation“ von Deci und Ryan positiv auf die Motivation des Lernenden auswirken und somit von der Lehrkraft angestrebt werden.

Von besonderer Bedeutung vor dem Hintergrund der Transferförderung im CHiK-Unterricht stellt sich die vierte Phase dar, die wiederholt sowohl hinsichtlich dargelegter Transfertheorien als auch vor dem Hintergrund konstruktivistischer Lehr-Lerntheorien kritisch diskutiert wurde.

- Wie stellt sich die konkrete Ausgestaltung der vierten Phase einer CHiK-Einheit im Unterricht dar?
- Welches Verständnis des Transfers bzw. welche Modellvorstellung von der Entwicklung des Konzept-Netzwerks des Lernenden findet sich als Grundlage des unterrichtlichen Geschehens?

Die konkrete unterrichtspraktische Umsetzung der vierten Phase wird Rückschlüsse über das Verständnis von Transferprozessen zulassen und somit zugleich auf das grundlegende Modell vom Lernen selbst hinweisen. Anzunehmen ist eine starke Fokussierung auf die Ebene der fachlichen Konzepte einhergehend mit einer weitestgehenden Vernachlässigung allgemeiner Lösungsstrategien sicherlich u. a. bedingt durch den Schwerpunkt des „Wissens" in schulischer Realität. Ebenso kann ein stark begrenzter zeitlicher Umfang einer Rekontextualisierung in schulischer Wirklichkeit aufgrund vielfach von Lehrkräften beklagter übervoller Curricular approximiert werden, so dass ein echter Problemlöseprozess im Sinne offener Fragestellungen bezweifelt wird.

Hinsichtlich einer Phase der Rekontextualisierung stellt sich die Ausgestaltung dieser als zentral zur Beurteilung des transferunterstützenden Potentials dar.

- Wie stellt sich eine „Rekontextualisierung" im Unterrichtsgeschehen dar und welche Kriterien finden sich hinsichtlich der zugrunde liegenden Kontexte bzw. Problemstellungen?

Die im Rahmen der Rekontextualisierung formulierte Fragestellung selbst implementiert die Art des eingeforderten Transfers und verweist somit auf das Verständnis der Lehrperson vom Transferprozess selbst. So sind die an den Kontext angelegten Kriterien vor dem Hintergrund einer möglichen Analogieerkenntnis kritisch zu reflektieren, wobei sowohl die Kontextebene selbst als auch die Konzeptebene bezüglich der zugrunde liegenden Transferdistanz zu analysieren sein werden. Wahrscheinlich ist eine Varianz auf beiden Ebenen, die eine Analogieerkenntnis des Lernenden und somit erfolgreichen Transfer erschwert. Auf der Ebene des fachlichen Konzepts kann ggf. eine variierende Verknüpfung und Schwerpunktsetzung begleitet von fehlenden Problemlösestrategien zu negativen Transferergebnissen führen.

Bereits wiederholt angeklungen sollte das Verständnis des Lehrenden vom Begriff des „Transfers" im Fokus der Interviewstudie stehen. Dabei sollte zunächst die Identifikation im Sinne einer Formulierung und Darstellung des Transferproblems stehen, um nachfolgend Ursachen zu benennen und Reaktionen abzuleiten.

- Welche Probleme stellen erfahrene CHiK-Lehrkräfte bezüglich der Fähigkeit der Lernenden Transfer zu leisten fest?
- Welche transferunterstützenden Elemente können im Unterricht identifiziert werden?

In diesem Zusammenhang stellt sich ein schlüssiges Modell des Transferproblems als entscheidend dar. Dabei sollten sich die dem kontextbasierten Ansatz zugrunde liegende Lehr-

Lerntheorien im Modellverständnis der Lehrkräfte wiederfinden. Anzunehmen ist, dass die Lehrkräfte die fehlende Kompetenz des lernenden „Laien“ zur Erkenntnis von Analogien formulieren und darin die Ursache für ein festzustellendes Transferproblem im unterrichtlichen Prozess sehen und das situativ erworbene Konzept-Netzwerk als omnipotent übertragbar auf die neue kontextbasierte Problemstellung. Transferunterstützend werden sie daraus resultierend wahrscheinlich auf die Konzept-Ebene verweisen und die Basiskonzepte betonen, ohne Problemlösestrategien im Sinne einer Reflektion des eigenen Lern- und Erkenntnisprozesses zur Forcierung einer Analogieerkenntnis zu betonen.

2 Ein Blick in die Praxis – „Chemie im Kontext“

In den unmittelbar vorangegangenen Kapiteln wurden kontextbasierte Unterrichtsansätze der Naturwissenschaften und der Mathematik insbesondere anhand von Unterrichtsmaterialien sowie durch Interviews mit Entwicklern dieser Einheiten unter dem Fokus der zentralen Forschungsfrage analysiert und vor dem Hintergrund verschiedenster Ansätze der Transferforschung kritisch reflektiert. Basierend auf der Analyse der didaktischen Konzeption CHiK in Kapitel 1.2.2.3, ergibt sich nachfolgende unterrichtliche Intention, sowie daraus abgeleitet eine Modellvorstellung zur Entwicklung des Konzept-Netzwerks des Lernenden.

Tabelle 2: Konzeption des Ansatzes von CHiK

Phase:	Unterrichtliche Intention:	Entwicklung des individuellen Konzept-Netzwerks des Lernenden:
Begegnungsphase	Eröffnung des Kontextes, Raum für individuelle Fragestellungen und Vorkenntnisse des Lernenden. Motivation des Lernenden durch Authentizität, lebensweltliche Relevanz und Bedeutung im Umfeld des Lernenden.	Rekapitulation des bestehenden individuellen Konzepts-Netzwerks des Lernenden.
Neugier-und Planungsphase	Formulierung einer zentralen Fragestellung, Strukturierung des weiteren Unterrichtsverlaufs. Motivation des Lernenden durch die Erfahrung von Selbstbestimmung und Verantwortung im eigenen Erkenntnisprozess.	Rekapitulation des bestehenden individuellen Konzepts-Netzwerks des Lernenden.
Erarbeitungsphase	Erarbeitung des Fachinhalts (kontextgebunden/situiert), welcher zur Beantwortung der Fragestellung notwendig ist (need-to-know-Prinzip). Motivation des Lernenden durch sein Bestreben zum „Experten“ im als relevant eingestuften Kontext zu werden (need-to-know-Prinzip).	Erweiterung/Vertiefung des vorhandenen individuellen Konzept-Netzwerks und Aktivierung kontextaffiner Lösungswege und Aspekte des Vorwissens.
Vernetzungs- und Vertiefungsphase	Fachinhalt wird im Sinne einer Dekontextualisierung vom Kontext gelöst und Basiskonzepten zugeordnet. Eröffnung eines neuen Kontextes, welcher den Transfer des Erlernten einfordert. Im letztgenannten Aspekt jener vierten Phase können analoge Motivations-	Zentrale Aspekte des Fachinhalts werden ohne die kontextbedingten Verknüpfungen herausgestellt und Basiskonzepten als Ordnungselementen zugeordnet. Der problemspezifische Erkenntnisprozess wird dabei nicht reflektiert und somit nicht vom Kontext gelöst.

Phase:	Unterrichtliche Intention:	Entwicklung des individuellen Konzept-Netzwerks des Lernenden:
	grundlagen wie in den vorangegangenen Phasen in ihrer Abfolge gesehen werden.	Vorhandenes Konzept-Netzwerk mit Strukturierungselementen (Basiskonzepten) soll auf neuen Kontext übertragen werden, wobei der Transfer in einer Erweiterung/Vertiefung des Netzwerks gesehen wird.

Wie bereits ausgeführt, soll im Rahmen der nachfolgenden Studie zunächst die unterrichtliche Umsetzung der Konzeption hinsichtlich der konzeptionellen Vierphasigkeit aufgezeigt und diese mit dem didaktischen Ansatz von CHiK verglichen werden. Schwerpunktsetzungen der Lehrkraft als auch die Darstellung der konkreten unterrichtlichen Umsetzung der einzelnen Phasen werden erste Einblicke in das Verständnis vom Lehr-Lernprozess ermöglichen, sowie eine kritische Diskussion auf der Grundlage der dargelegten Aussagen der Transferforschung anstoßen. In diesem Zusammenhang ist insbesondere die Ausgestaltung und didaktische Legitimation der vierten Phase durch die Lehrperson zu betrachten und auf der Grundlage zentraler Aussagen der Transferforschung zu reflektieren. Von entscheidender Bedeutung hinsichtlich erfolgreicher Transferprozesse des lernenden „Laien“ stellt sich auch die Unterstützung durch die Lehrperson zur Reflektion seines individuellen Erkenntnisprozesses dar und die Betonung angewandter Problemlösestrategien. Entsprechende methodische Elemente sowie die Bedeutung der Basiskonzepte sollen in der Darlegung einer CHiK-Einheit durch die Lehrperson herausgestellt werden. Aufgrund der Aussagen Alexanders und Murphys (Alexander & Murphy 1999) zu den Bedingungsfaktoren erfolgreichen Transfers sollen ebenfalls motivationale Elemente einer Einheit in der unterrichtlichen Praxis aufgezeigt werden. Ebenso soll im Rahmen der Interviewauswertung das Transferproblem der Lernenden - wie es sich für den Lehrenden darstellt – herausgearbeitet werden, um somit Ursachen zu approximieren, als auch Reaktionen der Lehrenden hierauf zu identifizieren, um diese anschließend vor dem Hintergrund theoretischer Reflektionen zum Transferproblem (s. Kapitel 1.2.1) kritisch diskutieren zu können. Zudem wird zu beurteilen sein, inwieweit eine differenzierte Betrachtung des Begriffs selbst im Sinne der in Kapitel 1.2.2.3 dargelegten Transferebenen in einer CHiK-Einheit vom Lehrenden angesprochen wird und inwiefern die Abstraktionsebenen der Fachwissenschaft als Hilfestellung zur erfolgreichen Transferleistung im Sinne zunehmender Abstraktion Betonung finden (s. Bedeutung der Abstraktionsebenen der Fachwissenschaft im Rahmen der Konzeption MIC; Kapitel 1.2.2.1).

Die Studie basiert auf Interviews mit insgesamt sieben Lehrkräften aus verschiedenen Bundesländern. Ausgewählt wurden hierzu Lehrkräfte, die bereits seit längerem Unterricht entsprechend der didaktischen Konzeption von CHiK durchführen und zudem in sogenannten „Sets“ mitwirken, in denen Lehrkräfte gemeinsam CHiK-Unterricht entwickeln und evaluieren. Teilweise haben sich die Interviewten auch im Rahmen universitärer Tätigkeiten grundlegend mit dem kontextbasierten Ansatz von CHiK auseinandergesetzt, so dass angenommen werden kann, dass die Interviewten über eine breite Erfahrung, einen vertieften, reflektierenden didaktischen Einblick sowie einen fundierten Überblick über zu diskutierende Problemfelder der Konzeption verfügen[57].

Wie bereits dargelegt, greifen die im Anhang vollständig transkribierten Interviews in ihrer Struktur und Anlage zunächst die konkret fassbare unterrichtliche Umsetzung des CHiK-Unterrichtskonzeptes auf, indem die Interviewten allgemein eine CHiK-Einheit hinsichtlich der strukturimmanenten Aspekte der Motivation des Lernenden, als auch der methodischen Ausgestaltung darlegen. Die Entwicklung und Validierung des Interviewleitfadens erfolgte durch den Austausch und die Diskussion in der Fachgruppe. Die Analyse der vorliegenden Transkripte beruht auf den durch Mayring formulierten Grundlagen und Techniken qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring 2008). In einem ersten Schritt der Auswertung der vorliegenden sieben Interviews werden die Aussagen der Lehrkräfte zu den einzelnen Phasen der didaktischen Konzeption hinsichtlich ihrer unterrichtlichen Ausgestaltung tabellarisch dargestellt, wobei als Ordnungshilfe die Phasen der Konzeption selbst aus Kapitel 1.2.2.3 in Spalten angeordnet wurden. Zur besseren Übersichtlichkeit wurden nur wenige, zentrale Zitate herausgegriffen und ansonsten die Aussagen zu den einzelnen Phasen in eigenen Worten zusammengefasst und auf die entsprechenden Stellen im Interview selbst verwiesen.

[57]Zur Vita der interviewten Lehrkräfte bezüglich ihrer Expertise im Rahmen der Konzeption von „Chemie im Kontext“ sowie ihrer Motivation zur unterrichtlichen Umsetzung des didaktischen Ansatzes, der Entwicklung von Unterrichtseinheiten und deren Evaluation finden sich im Anhang genauere Angaben inklusive Verweise auf entsprechende Textstellen im jeweiligen Interview.

Tabelle 3: Aussagen der Interviewpartner bzgl. der Ausgestaltung der Phasen in einer CHiK-Einheit

Phasen entsprechend der didaktischen Konzeption:	Begegnungsphase	Neugier- und Planungsphase	Erarbeitungsphase	Phase der Vertiefung und Vernetzung
Interviewpartner 1:	Konfrontation der Lernenden mit dem Kontext bzw. Sachverhalt, wobei der Lehrer sich in der Rolle des *„Sammler[s] und Moderator[s]“* befindet (S. 1, Z. 38 ff.).	In dieser Phase formulierte Fragestellungen strukturieren das weitere Vorgehen und den Lösungsweg in der nachfolgenden Phase (S. 2, Z. 1-2).	Anwendung des Erlernten im Rahmen der kontextbasierten Problemstellung (S. 2, Z. 10 ff.).	*„Indem wir Fachinhalte vom Kontext lösen und versuchen sie zu strukturieren, um dann die Inhalte festzuhalten, die anschließend langfristig gelernt werden sollen.“* (S. 2, Z. 27 ff.) Zudem findet eine Rekontextualisierung in dieser vierten Phase statt: *„[…] vermutlich wird man ja neben den rein fachlichen Inhalten auch mal […] das Fachliche auf andere Beispiele übertragen, so dass also dann neue Kontexte zum Tragen kommen.“* (S. 2, Z. 43-45). Angestrebt wird im Rahmen dieser Phase eine *„Strukturierung nach den Basiskonzepten“* (S. 6, Z. 4-7).
Interviewpartner 2	*„[…] das heißt, die Schüler werden mit dem Kontext vertraut gemacht.“* (S. 4, Z. 30 ff.)	*„[…] in Gruppen* [werden] *Fragen* [formuliert], *die sie dann zum Thema haben, in der Regel strukturieren sie das dann […]“* (S. 4, Z. 30 ff.)	„Abarbeiten“ der Punkte aus der Neugierphase.	*„[…] zweigeteilt in eine Dekontextualisierung und eine sich anschließende Transferleistung.“* (S. 4, Z. 17 ff. und S. 4, Z. 30 ff.) *„[…] die Zusammenfassungen lasse ich die* [SchülerInnen] *machen, oder das Suchen. Also z. B. in so einem concept-map […] dann haben die* [SchülerInnen] *die Aufgabe noch mal zu gucken anhand ihres Mind Maps, was haben wir gelernt, Schlüsselbegriffe zu suchen, […] Da bin ich auch nicht im Mittelpunkt. […] und ich stelle fest die Beziehungen sind falsch, oder da gibt es irgendwie eine grobe Fehlvorstellung, dann habe ich immer wieder eine Stunde, wo ich mit denen ja im Lehrer-Schüler-Gespräch versuche da noch mal dranzugehen und eben an der Stelle das zu korrigieren.“* (S. 5, Z. 30 ff.)

Phasen entsprechend der didaktischen Konzeption:	Begegnungsphase	Neugier- und Planungsphase	Erarbeitungsphase	Phase der Vertiefung und Vernetzung
Interviewpartner 3	[Motivationaler] Ausgangspunkt der Einheit *„Ausgehend […] von einem Zusammenhang […],* [der] *die Schüler im weitesten Sinn berührt […] meistens ein […] alltägliche […]* [r] *Zusammenhang […]“* (S. 1, Z. 18-19).	In der Phase *„[…] erstellen die Schülerinnen und Schüler Fragen, die den Unterricht dann tragen und strukturieren. Diese Fragen dienen dann sozusagen als Leitfaden […]“* (S. 1, Z. 19-21).	Fragen der Planungsphase werden in dieser Unterrichtsphase „abgearbeitet“ (S. 1, Z. 20 ff.). Unterschiedliche methodische Ausgestaltung (Gruppenarbeit im Rahmen von Lernen an Stationen, geprägt durch einen naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess); Lehrer hat *„eher eine strukturierende, moderierende Rolle“* (S. 2, Z. 35-41).	*„[…] es gibt da für mich zwei unterschiedliche Möglichkeiten, entweder vernetz´ ich mit anderen Kontexten oder ich vertiefe indem ich z. B. dann die fachsystematisch ranhole und ein normales Lehrbuch zur Seite ziehe […] und dort zu versuchen ein größeres, strukturierendes Netz aufzubauen“* (S. 2, Z. 46 ff.)

Phasen entsprechend der didaktischen Konzeption:	**Begegnungsphase**	**Neugier- und Planungsphase**	**Erarbeitungsphase**	**Phase der Vertiefung und Vernetzung**
Interviewpartner 4	*„[…] ich fang auch halt an mit einer Alltagsproblematik, sei es über eine Geschichte, eine Abbildung, Zeitungsartikel oder so was in der Art, sammeln halt klassisch dann die Fragestellung*[en] *[…]“* (S. 1, Z. 38-40)	*„[…]* [ich] *strukturiere mit den Schülern wie man weiter vorgeht, genau dann versuche ich möglichst die Fragen der Schüler aufzugreifen und […] „abzuarbeiten“ aber man kommt, oder ich komme zumindest als Lehrer auch nicht drum rum eine eigene Struktur natürlich mit reinzubringen […]“* (S. 1, Z. 40-43)	*„[…] und dann werden halt erst mal diese Fragen dann von den Schülern ja gemeinsam mit mir „abgearbeitet“ […]“* (S. 1, Z. 43-45 und Z. 5, Z. 44 ff.)	*„[…] und am Ende sind dann immer wieder so Einschübe und Phasen, wo wir versuchen das Ganze noch mal zusammenzufassen in eine […] logische Struktur so zu bringen und eben das ja dann im Bereich dieser Dekontextualisierung auch das Gelernte auf andere Beispiele einfach übertragen* [wird]*.“* (S. 1, Z. 45-49 und S. 2, Z. 5-7, wo deutlich wird, dass solche Phasen sich auch (je nach Einheit) eingeschoben finden S. 2, Z. 10 ff.) Dekontextualisierung bedeutet zunächst die Darlegung und Formulierung der dem Kontext zugrundeliegenden Basiskonzepte (S. 2, Z. 19 ff.). Die „Rekontextualisierung“ wird nicht in der beschriebenen Weise kontextbasiert durchgeführt, sondern *„[…] da sind dann Phasen, wo ich ziemlich genau einfach vorgebe jetzt haben wir dieses Beispiel und jetzt solltet ihr dies und jetzt solltet ihr das, […]“* (S. 2, Z. 28-31 und S. 2, Z. 33 ff.).

Phasen entsprechend der didaktischen Konzeption:	Begegnungsphase	Neugier- und Planungsphase	Erarbeitungsphase	Phase der Vertiefung und Vernetzung
Interviewpartner 5	Einstieg in den Kontext, Impulse für weiterführende Fragestellungen sowie Vorstellungen und Vorwissen der Lernenden (S. 2, Z. 40 ff.).	*„[…] daraus* [gemeint: aus der ersten Phase] *haben wir einen Fragenkatalog entwickelt, den haben wir dann mit Hilfe eines „mind-managers“ strukturiert.“* (S. 2, Z. 42 ff.)	*„[…] Aspekte […] mit einer hohen Schüleraktivität aber auch solche mit einer hohen Lehrerzentriertheit, […]“* (S. 2, Z. 45 ff.; weitere Ausführungen zur konkreten Methodik der Erarbeitungsphase finden sich auf S. 2, Z. 48 ff.)	*„[…] eine Dekontextualisierung findet dann statt im Anschluss, ja oder besser gesagt eine Nutzung der gelegten Konzepte* [in wohldefinierten Fragestellungen] *[…]“* (S. 3, Z. 10-11 und S. 3, Z. 11 ff.) *„[…] dass ich quasi erst die Abstraktion leiste und dann […] den neuen Kontext anbiete.“* (S. 4, Z. 37-38) In diesem Zusammenhang werden die Basiskonzepte als allgemeine Prinzipien, die zuvor im Kontext erarbeitet wurden, herausgestellt, um den Transfer in eine neue Situation, einen neuen Kontext leisten zu können (S. 4, Z. 32-35 und S. 4, Z. 50 ff.). Zur Hilfestellung wird *„so was […] wie* [ein] *Merkzettel* [ge]*macht: was sind die wesentlichen neuen […] Fachinhalte, neuen Konzepte, die wir […] erarbeitet haben und diese Merkzettel, die machen die Schüler dann selbst, […]“* (S. 4, Z. 14-21). Solche Phasen finden sich allerdings auch in der Erarbeitungsphase (S. 4, Z. 7-9 und S. 4, Z. 9 ff.).

Phasen entsprechend der didaktischen Konzeption:	**Begegnungsphase**	**Neugier- und Planungsphase**	**Erarbeitungsphase**	**Phase der Vertiefung und Vernetzung**
Interviewpartner 6	*„[…] in der die Schüler also an irgendetwas herangebracht werden, neugierig gemacht werden auf irgendetwas […]“* (S. 1, Z. 23 ff. und Z. 41) *„In der Begegnungsphase werden sie eben mit so ein*[em] *Text oder ein*[em] *interessante*[n] *Einstiegsbeispiel, über eine interessante Thematik mit der eigentlichen Geschichte konfrontiert […]“* (S. 1, Z. 42 ff.)	*„[…] dann kommt im Grunde genommen so eine Phase in der die Schüler ihre eigenen Fragen formulieren dürfen […]“* (S. 1, Z. 25 ff.)	*„[…] wo man auf die Fragen, die in der Neugierphase formuliert wurden, eingeht.“* (S. 2, Z. 8 ff. und S. 1, Z. 26)	*„[…] dass dann im Grunde genommen noch mal quasi den fachlich chemischen rote Faden durch, über das Ganze gelegt wird am Ende der Einheit.“* (S. 2, Z. 18 ff.) *„[…] wo man dann noch mal auf die eigentlichen chemischen Basiskonzepte […] abheben kann.“* (S. 1, Z. 30 ff.)

Phasen entsprechend der didaktischen Konzeption:	Begegnungsphase	Neugier- und Planungsphase	Erarbeitungsphase	Phase der Vertiefung und Vernetzung
Interviewpartner 7	*„[…] die sollte möglichst motivieren und interessant sein und möglichst viele Fragen der Lernenden […] aufgreifen und auch in irgendeiner Weise dann visualisieren, festhalten.“* (S. 3, Z. 8 ff.)	*„[…] in der man versucht aus diesen vielen interessanten Inhalten eine Unterrichtseinheit zu basteln, das Wissen zu strukturieren, ähnliche Fragen zusammenzupacken, vielleicht auch Fragen eventuell hintenan zu stellen, von denen man sagen kann, die können wir leider chemisch nicht vernünftig begründen.“* (S. 3, Z. 13 ff.)	*„[…] in der ich versuche aus diesen verschiedenen Inhalten dann eine vernünftige Unterrichtseinheit zu machen, möglichst mit viel Schüleraktivität, dann die Schüler […] eine zeitlang diesen Fragen nachgehen lassen, die Inhalte aufbereiten lasse, Präsentationen mache und so weiter, Sachen vernetze mit Fachwissen, also an dieser Stelle […] kommt das Buch hinein, kommen Arbeitsblätter, die diese Fachfragen vernetzen mit, ja also diese lebensweltlichen Fragen vernetzen mit fachlichen Inhalten.“* (S. 3, Z. 17 ff.) Anmerkung: bereits in dieser Phase	*„[…] das passiert oft in Form eben von Präsentationen mit hand-outs dann vielleicht am Ende doch zu de*[n] *zentralen fachlichen Sachen, so würde ich mittlerweile vorgehen, auch noch die ein oder andere gelenkte Stunde, wo man die Inhalte dann noch mal sichert und im Idealfall dann am Ende eine Vernetzung zu anderen Kontexten, wo man sieht, das was ihr jetzt gelernt habt, hat euch nicht nur genutzt diesen Kontext zu verstehen, sondern hilft euch auch an der und der und der Stelle und knüpft da und da noch mal an. Also vernetzen […] mit anderen Kontexten und dann aber auch natürlich Vernetzung mit anderen Fachinhalten, […]“* (S. 3, Z. 23 ff.) *„[…] zum einen habe ich in der Regel selber noch einen input in der Vernetzungsphase, wo ich noch mal die wichtigsten Sachen auf einem Arbeitsblatt zusammenstelle, oder noch mal Aufgaben dazu gebe, noch mal zu gucken, habt ihr das jetzt wirklich verstanden, […] und die* [gemeint ist diese letzte Phase der Sicherung] *halte ich immer noch für, oder oft für problematisch bei dieser Form des Unterrichts […] und dann habe ich entweder selber noch einen input oder ich lasse an der Stelle noch mal die Schüler im Buch nachgucken und noch mal vergleichen, aha tatsächlich, das war doch da genauso, oder das war doch da so ähnlich […]“*(S. 5, Z. 8 ff.)

Phasen entsprechend der didaktischen Konzeption:	Begegnungsphase	Neugier- und Planungsphase	Erarbeitungsphase	Phase der Vertiefung und Vernetzung
			beginnt die nachfolgend geforderte Vernetzung (S. 4, Z. 50 ff.).	Bevor es zur Anwendung der fachlichen Inhalte in einem neuen Kontext kommt, beinhaltet diese letzte Phase auch eine Dekontextualisierung, also das Zusammentragen der reinen Fachinhalte (S. 7, Z. 20 ff.).

Die Tabelle verdeutlicht zunächst die übernommene Vierphasigkeit der Unterrichtskonzeption bei allen Interviewten. Dabei fällt allerdings in der Benennung der vierten Phase eine deutliche Abweichung zur theoretischen Konzeption auf. Vier der interviewten Lehrkräfte weichen deutlich in ihrer Benennung dieser Phase von der Konzeption selbst im Sinne einer „Vertiefungs- und Vernetzungsphase“ ab und sprechen vielmehr von einer Phase der Dekontextualisierung. Eine solche Begrifflichkeit grenzt die Intention der vierten Phase ein und drängt die Bedeutung einer erneuten Rekontextualisierung des Fachinhalts, welche von allen Richtungen der Transferforschung (s. Ausführungen in Kapitel 1.2.1) als grundlegend zur Förderung erfolgreicher Transferleistungen angesehen wird, zurück. In der Darstellung der vierten Phase selbst zeigen sich in den grundlegenden Zügen und Zielsetzungen große Übereinstimmungen. Alle Interviewten streben eine Strukturierung der kontextbasiert erarbeiteten Inhalte an, die dazu vom Kontext losgelöst, zusammengetragen und entsprechend der Basiskonzepte geordnet werden. Die Basiskonzepte werden somit als „Ordnungshilfen“ entsprechend den Forderungen Ausubels und Robinsons, als auch Simons gedeutet (s. Kapitel 1.2.1), wobei fraglich bleibt, inwieweit jene, von Simons ebenso als kritisch angesehenen, deutlichen Verknüpfungen im Konzept-Netzwerk des Lernenden durch eine Betonung der Dekontextualisierung forciert werden können.

Obwohl sich die methodische Ausgestaltung bezüglich der Rolle der Lernenden erwartungsgemäß als variierend in den Ausführungen der Lehrkräfte darstellt – begründet durch den persönlichen Habitus und das Verständnis vom Lernenden in seinem Lernprozess – wird doch offensichtlich zur anschließenden Übertragung des Gelernten auf wohldefinierte weitere Fragestellungen eine solche Dekontextualisierung im obigen Sinne als notwendig erachtet. Dies stellt sich als gegensätzlich zur Ansicht Gagnés dar, für den sich eine Phase der Dekontextualisierung keinesfalls als transferunterstützendes Element darstellt, sondern der vielmehr eine möglichst große Vielfalt an Problemsituationen einfordert im Sinne einer von Simons bezeichneten „Transferkultur“ (s. Kapitel 1.2.1). Dies greift eine teilweise als Rekontextualisierung bezeichnete Anwendung des Gelernten auf neue Problemstellungen auf, welche nachfolgend noch eingehendere Betrachtung finden soll, um die Anforderungen, als auch die Offenheit der Fragestellung selbst im Sinne eines echten Problemlöseprozesses zu beurteilen. In diesem Zusammenhang bleibt nicht nur der Umfang einer Rekontextualisierung bzw. Vertiefung fraglich, sondern damit eng verknüpft die Erweiterung bzw. Flexibilisierung des Konzept-Netzwerks des Lernenden und die angestrebte Transferdistanz.

Zur Auswahl jener Frage- und Problemstellungen finden sich keinerlei Kriterien und dies weder von den Didaktikern selbst, noch in den Aussagen der interviewten Lehrkräfte. Die

inhaltliche, methodische als auch zeitliche Ausgestaltung sowie der Grad an Offenheit um Transferprozesse einzufordern, obliegen der Lehrkraft bezüglich ihrer Einschätzung der Lerngruppe als auch, so kann vermutet werden, ihrem Verständnis vom Transferprozess. Die nachfolgende Tabelle enthält Aussagen der interviewten Lehrkräfte bezüglich der gewählten Problemstellungen im Rahmen einer Rekontextualisierung am Ende einer CHiK-Einheit.

Tabelle 4: Darstellung sich anschließender „Übungskontexte“ durch die Interviewpartner

Interviewpartner	Darstellung sich anschließender „Übungskontexte“
Interviewpartner 1	*„[…] das Fachliche auf andere Beispiele übertragen, so dass also dann wieder neue Kontexte dann auch zum Tragen kommen.“* (S. 2, Z. 44 f.)
Interviewpartner 2	*„Und im Anschluss daran immer eine Aufgabe denen noch mal zu geben mit einem neuen Kontext, oder für die Schüler neuen Kontext, wo dieser Fachinhalt noch mal eine Rolle spielt und sie diesen Transfer leisten müssen.“* (S. 4, Z. 9 ff.) *„[…] wobei ein neuer Kontext dann nicht mehr* [eine Einheit darstellt] *[…], sondern ich versuche Aufgaben zu entwickeln, wo das, was man gelernt hat dann in einem neuen Kontext auftaucht. Beispielsweise haben wir für die Sekundarstufe I eine Unterrichtsreihe entwickelt […] zu Sportgetränken und da geht es um Ionen und Ionenbindung und dann geht es um die Ionen die da drin sind u. a. Natrium-Ionen, Chlorid und so weiter, Kalium, Magnesium. Dann gibt es hinterher am Ende eine Aufgabe einmal eine zum Iodid, „Iodsis 2000“ heißt das, das ist ein Schilddrüsenmedikament und da ist Natriumiodid drin. Und da geht es dann auch wieder darum, zu erkennen, dass das eben ein Salz ist, wie das zusammengesetzt ist, dass das Salz eine Funktion für den Menschen hat und dasselbe gibt es mit einer Aufgabe zu Natriumflourid in Zahnpasta. Flourid-Ionen für Zähne. […] da geht es eben darum zu erkennen, das was ich über die Ionenbindung gelernt hab´ über die Salze, das da wieder anwende und dass ich eben, ja für die Schüler ist das ja ein neuer Kontext, für die hat Zahnpasta nichts mit Sportgetränken zu tun, aber ja im Prinzip können sie das, was sie da bei den Sportgetränken gelernt haben, da eben wieder genau an der Stelle wieder einsetzen […]“* (S. 2, Z. 1 ff.)
Interviewpartner 3	*„[…] es gibt da für mich zwei unterschiedliche Möglichkeiten, entweder vernetz´ ich mit anderen Kontexten oder ich vertiefe indem ich z. B. dann die fachsystematisch ranhole und ein normales Lehrbuch zur Seite ziehe […] nehmen wir mal an wir machen den Bereich Ion-Ionenbindung und wir haben das im Bereich von: „Sind Metalle in der Nahrung?“ gemacht, dann koppel ich an der Stelle zurück indem wir mit dem Schulbuch vernetzen und dort bestimmte Aufgaben oder so was in der Richtung mache oder aber wenn, eine andere Möglichkeit in dieser Phase ist es eben mit anderen Kontexten zu vernetzen und zu versuchen dort ein größeres, strukturierendes Netz aufzubauen.“* (S. 2, Z. 46 ff.)
Interviewpartner 4	*„Nein, das mache ich nicht mehr mit Kontext. Also wenn […] sich […] ein Alltagsbeispiel noch ergibt ist das o.k., aber ich würde das nicht*

Interviewpartner	Darstellung sich anschließender „Übungskontexte“
	mehr als Kontext bezeichnen, das ist einfach wirklich, da sind dann Phasen, wo ich ziemlich genau einfach vorgebe jetzt haben wir dieses Beispiel und jetzt solltet ihr dies und jetzt solltet ihr das, […]“ (S. 2, Z. 28-31) *„Also wenn wir z. B. die „Brände“ nehmen, dann führe ich ja über die „Brände“ ein, was eine chemische Reaktion ist und da, dann geht das eben zwischendurch natürlich darum auch von dem Brändekontext wegzukommen und zu zeigen, dass es eben ganz viele andere chemische Reaktionen gibt und dann in dem Zusammenhang mach ´ ich dann z. B. tatsächlich auch noch mal Schülerversuche mit Kupfer- Schwefel, dass sie einfach selber dann noch mal rumhantieren und sehen: […] eben die Prinzipien halt wiedererkennen, die sie eben […] eben am Beispiel der Kerze, der Verbrennung kennengelernt haben.“* (S. 2, Z. 10 ff.)
Interviewpartner 5	*„[…] ein neuer Kontext der die gleichen Basiskonzepte benötigt […] weil das zwingend notwendig ist um den Schüler*[n] *zu verdeutlichen, […] dass sie allgemeine Prinzipien erarbeitet haben. Vorher sind es in dem Sinne noch gar keine Basiskonzepte, weil sie an den einzelnen Themen sozusagen kleben. […]“* (S. 2, Z. 20 ff.)
Interviewpartner 6	*„[…] ein Beispiel […] in Form einer offenen Aufgabe zu diesem Thema auch zu Übungszwecken und auch zur Dekontextualisierung natürlich in gewisser Weise, die Frage meinetwegen, warum konnten bereits die Steinzeitmenschen im Grunde genommen Kupfer gewinnen aus Erzen und um 19. Hundert konnte man noch aber kein Aluminium aus Erzen gewinnen.“* (S. 3, Z. 42 ff.) [zur konkreten Aufgabe s. Fußnote]
Interviewpartner 7	*„[…] naher Transfer […] klappt gut […]. Also ich mache z. B. öfter so Sachen, dass ich irgendwie ein bestimmtes Problem erarbeiten lasse und dann mir aus dem Internet irgendeinen Block oder irgendwelche Fragen raussuche und diese Fragen dann die Schüler beantworten lasse. Wo sie dann sagen: ich habe das und das Problem und dann sollen die Schüler nachdenken, hat das mit dem was zu tun, was wir im Unterricht gemacht haben und können wir diese Fragen z. B. beantworten.“* (S. 6, Z. 27 ff.) *„[…] und im Idealfall dann am Ende eine Vernetzung zu anderen Kontexten, wo man sieht, das was ihr jetzt gelernt habt, hat euch nicht nur genutzt diesen Kontext zu verstehen, sondern hilft euch auch an der und der und der Stelle und knüpft da und da noch mal an. Also vernetzen […] mit anderen Kontexten und dann aber auch natürlich Vernetzung mit anderen Fachinhalten, […]“* (S. 3, Z. 23 ff.) *„[…] Paul, Du hast doch da neulich eine interessante Frage gestellt, sag das doch noch mal und dann nimmt man das zum Ausgangspunkt für die Vernetzungsphase und dann habe ich entweder selber noch einen input oder ich lasse an der Stelle noch mal die Schüler im Buch nachgucken und noch mal vergleichen, aha tatsächlich, das war doch da genauso, oder das war doch da so ähnlich […]“* (S. 5, Z. 8 ff.) *„[…] ein Beispiel jetzt zuletzt, […] da haben wir diese Reduktion, Oxidation von Oxiden gemacht und […] der Kontext dazu war das Rosten und Eisen und so weiter und dann habe ich zwar schon als Vertiefung, als Transfer in eine andere Richtung noch mal diese Frage aufgegriffen,*

Interviewpartner	Darstellung sich anschließender „Übungskontexte“
	das ist dann wirklich nur eine Stunde, in der man das macht, also 45 Minuten. Eine Frau, die schrieb sie hat eine angelaufene Silberkette […], was man denn da machen könnte und dann schrieb eine andere, ja das könne man mal probieren, da gibt es so spezielle Putztücher, die seien aber ziemlich teuer und eine weiter[e] *schrieb dann ja, man könne auch das ganze mit Alufolie und Salzwasser und ein bisschen warmmachen und das würde auch gehen. Und dann sollten die Schüler dem nachgehen und überlegen, was da dran sein könnte und das versuchen das eben zu klären, mit dem was sie dann vorher wissen.“* (S. 7, Z. 6 ff.)

Die beispielhafte Darlegung der einer CHiK-Einheit sich anschließenden „Übungskontexte“ bleibt bei allen sieben Interviewten ohne konkrete Ausführungen zur Wahl dieser. Deutlich wird allerdings, dass der Fokus des zu Übertragenen auf dem fachlichen Inhalt, den zuvor abstrahierten Basiskonzepten liegt. Lediglich Interviewpartner 3 spricht prozessbezogene Kompetenzen in diesem Zusammenhang konkret an. Die von Interviewpartner 2 angeführte Beispielaufgabe zum Transfer, zur Anwendung des Gelernten weist eine veränderte Oberflächenstruktur bei analoger Tiefenstruktur auf und fokussiert sich bezüglich der argumentativen Ebenen der Fachdisziplin auf die Ebene der kleinsten Teilchen, ohne weitere differenzierte Abstraktionsebenen zu ermöglichen. Die Varianz lediglich in der Problemstellung selbst (Oberflächenstruktur), nicht im zugrunde liegenden Basiskonzept (Tiefenstruktur), entspricht den Forderungen Stark et al. zur Förderung positiver Transferergebnisse (vgl. Aussagen in Kapitel 1.2.1).

Demgegenüber findet sich die Beispielaufgabe von Interviewpartner 7, der neben der Oberflächenstruktur auch die Tiefenstruktur auf Teilchenebene variiert. Zwar greift die Tiefenstruktur dasselbe Basiskonzept auf, wie zuvor in der Einheit erarbeitet, doch findet sich nun eine völlig neue Reaktionsklasse verglichen mit der zuvor behandelten Oxidation von Eisen. So kann mit Stark et al. vermutet werden, dass eine solch differierende Tiefenstruktur bei zudem veränderter Oberflächenstruktur zu negativen Transferergebnissen der Lernenden führen sollte.

Interviewpartner 4 nutzt Lehrbuch-Aufgaben in dieser Phase einer CHiK-Einheit, führt aber zudem die Vernetzung mit anderen CHiK-Kontexteinheiten an, wie sie auch in der didaktischen Konzeption selbst angestrebt wurden (s. Kapitel 1.2.2.3). Interviewpartner 4 führt dazu aus, dass es dadurch dem Lernenden möglich wäre, eigenständig eine Struktur im Sinne der Basiskonzepte zu entwickeln. Es fehle hierzu allerdings der definierte Zusammenhang in der Abfolge der CHiK-Einheiten wie ihn u. a. Interviewpartner 4 bemängelt.

Interviewpartner 4 führt Beispiele „nahen Transfers“ aus, die alle Argumentationsebenen der Fachwissenschaft ansprechen und somit im Rahmen der Transferkompetenz Differenzierung ermöglichen. Nach Mayer (Kapitel 1.2.1) sind diese verschiedensten Repräsentationsebenen des Inhalts entscheidend für die Bildung eines kohärenten Konzept-Netzwerks. Zentral wird das Element Parallelen, Analogien zu erkennen vom Interviewpartner herausgestellt, wodurch sich grundlegende Basiskonzepte zu allgemeingültigen Prinzipien entwickeln. Wie bereits in Kapitel 1.2.1 ausgeführt, vermag der Lernende im Erkennen von Analogien über vielfältige Problemstellungen hinweg nicht nur Schwerpunkte eines Konzepts zu erkennen, sondern zudem das eigene Konzept-Netzwerk zu flexibilisieren. Analoges Denken ist somit ein wichtiger Aspekt auf dem Weg eines erfolgreichen Transfer- und Problemlöseprozesses.

Es bleibt somit bezüglich der vorhandenen Beispiele zu resümieren, dass die Lehrenden die fachlichen Inhalte einer CHiK-Einheit zu Basiskonzepten strukturieren und diese als „Tiefenstruktur“ auffassen. Die Basiskonzepte und somit der fachliche Inhalt werden hierbei als zu transferierende Elemente gedeutet. Der Lösungsweg selbst, bzw. erlernte Problemlösestrategien bleiben im Rahmen eines Transferprozesses von den Lehrenden weitestgehend unberücksichtigt, was Aussagen Simons (Kapitel 1.2.1) widerspricht, welcher neben Fachwissen auch Lösungsstrategien und Ansätze zur Selbstkontrolle als zu transferierende Elemente ansieht. Singley und Anderson zeigten zudem die Abhängigkeit erfolgreichen Transfers von identischen Fertigkeiten und Lösungswegen, welche die neue Aufgabenstellung einfordern würde (Kapitel 1.2.1). Während der Aspekt der „Fertigkeiten“ durch die Basiskonzepte Berücksichtigung findet, können identische Lösungswege zwischen Kontext der Einheit und sich anschließendem „Übungskontext“ nicht aus den Aussagen der Lehrenden identifiziert werden, vielmehr muss angenommen werden, dass der Erkenntnisprozess im Kontext vielfältige Argumentationsebenen der Fachwissenschaft aufwies, wohingegen der „Übungskontext“ enger gefasst ist und somit keine identischen, bestenfalls analoge Lösungswege zulässt, die in ihrer Transparenz für den Lernenden fraglich bleiben.

Kriterien bezüglich der Gestaltung der Oberflächenstruktur werden nicht explizit angeführt, obwohl u. a. Detterman die Anlage der Problemstellungen als zentral hinsichtlich erfolgreicher Transferleistungen herausstellt. Neben der Fokussierung auf den Anforderungsbereich „nahen Transfers“ führte er strukturelle Ähnlichkeiten, Hinweise und Schlüsselwörter an (Kapitel 1.2.1). Während der Anforderungsbereich „nahen Transfers“ bei einigen Interviewpartnern u. a. in der formulierten Erkenntnis von Parallelen angedeutet wird (s. u. a. die

Ausführungen von Interviewpartner 7, welcher explizit „nahen Transfer“ benennt)[58], finden sich strukturelle Ähnlichkeiten in der Tiefenstruktur bezüglich der Basiskonzepte nach Ansicht der Interviewten wieder. Auf die Aspekte „Hinweise und Schlüsselwörter“ findet sich kein expliziter Verweis in den Aussagen wider.

Der Fokus auf die Basiskonzepte als transferierende Elemente würde eine Einschränkung der kognitiven Struktur auf Wissen und Regeln bedeuten, die keineswegs dem Verständnis vom Konzept-Netzwerk Bruners gerecht werden würde (s. Ausführungen in Kapitel 1.2.1). Jene Aspekte könnten durchaus in einer Phase der Dekontextualisierung vom Kontext gelöst werden und analog auf neue Problemstellungen übertragen werden, doch zur kognitiven Struktur gehören ebenso Techniken des Problemlösens. Ebenjene können nur kontextbasiert, situativ erworben und im Sinne der Modellvorstellung vom Konzept-Netzwerk des Lernenden flexibilisiert werden.

Wie bereits in vorangegangenen Kapiteln wiederholt kritisch diskutiert, bleibt die Sinnhaftigkeit einer Phase der De- als auch Rekontextualisierung auch vor dem Hintergrund des lehr-lerntheoretischen Konstruktivismus fraglich. Sowohl schulische Realitäten als auch gesellschaftliche Rahmenbedingungen lassen eine Verabsolution des Ansatzes nicht zu. So geht es vielmehr um einen Konsens des Wissens - eines in der Gesellschaft geteilten Wissens. Somit ist die Loslösung des fachlichen Inhalts vom Kontext im Sinne von Schemata und Gesetzmäßigkeiten durchaus legitim, fraglich bleibt allerdings die Bedeutung einer solchen Darstellung im Zusammenhang mit dem individuellen Konzept-Netzwerk des Lernenden, welches durch die offene Anlage der Konzeption selbst stets betont wird.

In diesem Zusammenhang wird somit die methodische Ausgestaltung einer solchen Phase, der Anteil an aktiver Konstruktion und Artikulation durch den Lernenden entscheidend sein. Anzustreben sein sollte die Unterstützung des Lernenden, so dass dieser den zentralen Inhalt erkennt und Basiskonzepten zuzuordnen vermag. Eine solche Leistung unterscheidet sicherlich den lernenden „Laien“ vom „Experten“ und bedarf darum der Hilfestellung durch die Lehrkraft.

Auffällig ist, dass alle Interviewten ihren argumentativen Schwerpunkt bezüglich der Darstellung der Einheit im Fachwissen zeigen. Die Bedeutung von Lösungsstrategien oder gar die Reflektion des eigenen Lösungswegs werden nicht angeführt. Ebenjene letztgenannten Faktoren führen Alexander und Murphy als Bedingungsfaktoren erfolgreichen Transfers an

58 Anmerkung: Eine Beurteilung, ob es sich bei den Problemstellungen um den Anforderungsbereich „nahen Transfers“ handelt, würde die genaue Kenntnis des vorangegangenen Unterrichts, als auch des Leistungsstands der Lernenden voraussetzen.

(Kapitel 1.2.1). So kann angenommen werden, dass jener fachliche Fokus die Unterstützung erfolgreicher Transferleistungen verfehlt und der Lehrende die Basiskonzepte, welche Ausubel und Robinson als wichtige „Ordnungshilfen“ im Konzept-Netzwerk des Lernenden anführen (Kapitel 1.2.1), nicht nur als notwendig, sondern vielmehr als hinreichend für diesen hohen kognitiven Anspruch begreift. Das von Simons (Kapitel 1.2.1) angesprochene Bewusstsein des Lernenden bezüglich der zu transferierenden Konzepte bedarf der Reflektion des eigenen Lern- und Erkenntnisprozesses durch den Lernenden. Zu solch einer Reflektionsleistung sind eine Fülle verschiedener Problemsituationen ebenso notwendig wie eine Phase der Dekontextualisierung, so Simons im Zusammenhang mit der Unterstützung „fernen Transfers“. Eine eben angedeutete Transferdifferenzierung – so fraglich eine solche Kategorisierung vor dem Hintergrund individueller kognitiver Prozesse auch sein mag – hinsichtlich der Transferdistanz wird im Rahmen der wiederholt angesprochenen Anwendungssituationen nicht konkret im Sinne vorliegender Kriterien genannt. Vielmehr deuteten zwei der Interviewten die Ausgestaltung jener neuen Problemsituation als wohlumrissenes Problem im Sinne einer analogen Anwendung des unmittelbar zuvor Gelernten an. Ein Einstieg in einen erneuten (offenen) Kontext, kann wohl kaum in jenem Umfang des der Einheit zugrunde liegenden Verständnisses vom Begriff des Kontextes gemeint sein betrachtet man den zeitlichen Umfang jener letzten Phase. Vergleicht man den prozentualen zeitlichen Anteil der Phasen, so ergibt sich aus den Aussagen der Interviewten nachfolgendes Bild (von Interviewpartner 4 fehlen kohärente Angaben, Interviewpartner 7 hat Stundenangaben für die Oberstufe angegeben mit der Bemerkung diese für die Sekundarstufe durch zwei zu teilen; eine entsprechende prozentuale Umrechnung wurde versucht):

Tabelle 5: Zeitliche Anteile der Unterrichtsphasen in einer CHiK-Einheit[59]

Phase:	1. Phase	2. Phase	3. Phase	4. Phase
zeitlicher Anteil an gesamter Unterrichtseinheit:	Interviewpartner 1: 5-10 % (S. 3, Z. 21 ff.) Interviewpartner 2: 5 % (S. 5, Z. 49) Interviewpartner 3: 10 % (S. 3, Z. 20 ff.) Interviewpartner 5: 1 Stunde (S. 3, Z. 24 ff.) Interviewpartner 6: 15 % (S. 4, Z. 30 ff.) Interviewpartner 7: ca. 10 % (S. 3, Z. 38 ff.)	Interviewpartner 1: 10-15 % (S. 3, Z. 21 ff.) Interviewpartner 2: 10 % (S. 5, Z. 49) Interviewpartner 3: 30 % (S. 3, Z. 20 ff.) Interviewpartner 5: 1 Stunde (S. 3, Z. 24 ff.) Interviewpartner 6: 15 % (S. 4, Z. 42 ff.) Interviewpartner 7: ca. 10 % (S. 3, Z. 38 ff.)	Interviewpartner 1: 50 % (S. 3, Z. 21 ff.) Interviewpartner 2: 70 % (S. 5, Z. 44-45) Interviewpartner 3: 50 % (S. 3, Z. 20 ff.) Interviewpartner 5: 16 Stunden (S. 3, Z. 10 ff.) Interviewpartner 6: 50 % (S. 4, Z. 46 ff.) Interviewpartner 7: 60 % (S. 3, Z. 38 ff.)	Interviewpartner 1: 20 % (S. 3, Z. 21 ff.) Interviewpartner 2: 15-25 % (S. 6, Z. 12 ff.) Interviewpartner 3: 20 % (S. 3, Z. 20 ff.) Interviewpartner 5: keine Angaben Interviewpartner 6: 20 % (S. 4, Z. 50) Interviewpartner 7: ca. 10 % (S. 3, Z. 38 ff.)

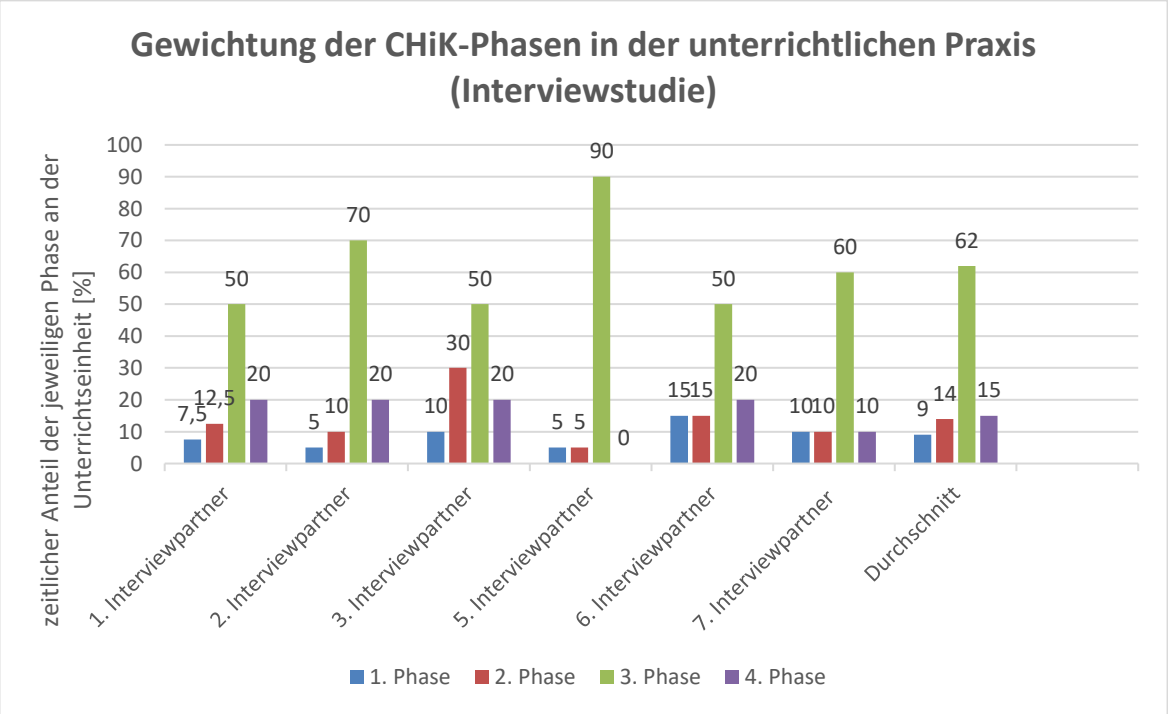


Abbildung 15: Gewichtung der CHiK-Phasen in der unterrichtlichen Praxis

Betrachtet man die Gewichtung der Phasen, so zeigt sich ein deutlicher unterrichtlicher Schwerpunkt in der dritten Phase, welches erneut die Dominanz des fachlichen Inhalts unterstreicht. Lediglich durchschnittlich 20 % entfallen auf die letzte Phase, die neben einer

59 Anmerkung: in nachfolgender Diagrammdarstellung wurden Mittelwerte genommen; Angaben der Interviewpartner ergeben nicht immer 100 %

Dekontextualisierung und inhaltlichen Strukturierung entsprechend der Basiskonzepte sich ebenso die Rekontextualisierung im Sinne einer Transferleistung in eine neue Problemstellung zur Aufgabe gemacht hat. Somit bleibt fraglich, wie in einem solch zeitlich engen Umfang dies umgesetzt werden kann, zudem noch mit anzustrebender Schüleraktivierung und Selbststeuerung der Lernenden im Sinne eines individuellen Konstruktionsprozesses. In diesem Zusammenhang sei angemerkt, dass im Sinne der „Generalisierungstheorie“ (Kapitel 1.2.1) eine Dekontextualisierung auf einer Fülle von Erfahrungen des konstruierenden Lernenden beruhen sollte und nicht, wie in der dargelegten unterrichtlichen Struktur, ausgehend von einem einzigen Problemkontext geleistet werden kann. Jene zahlreichen Erfahrungen könnten sich an die Erarbeitungsphase anschließen (s. die didaktische Konzeption von „Mathematik im Kontext“) und durch analoges Denken zu einem flexibilisierten Konzept-Netzwerk führen, welches zugleich Grundlage „Analogiebegründeten Transfers“ ist, wie ihn Hatano und Greeno ausführen (Kapitel 1.2.1) und letztlich in einer individuellen Strukturierung des Konzept-Netzwerks des Lernenden münden. Letzteres kann durch Methoden der Reflektion des eigenen Denk- und Erkenntnisprozesses durch die Lehrkraft unterstützt werden. Begründung würde ein solches Vorgehen vor dem Hintergrund finden, dass Transfer und analoges Denken verwandte Prozesse sind. Nach Detterman setzt „naher Transfer“ strukturelle Ähnlichkeiten, Hinweise und Schlüsselwörter bezüglich der Fähigkeit Analogien zu erkennen voraus (Kapitel 1.2.1). Auch Volet spricht die Bedeutung von Analogieschlüssen an (Kapitel 1.2.1) und rechtfertigt zwar eine Phase der Dekontextualisierung, doch betont er, dass die individuellen Verknüpfungen zwischen den fachlichen Konzepten nicht dekontextualisiert werden könnten, sondern vielmehr nur durch Analogieschlüsse in verschiedenen Problemstellungen durch den Lernenden zu entwickeln seien. Gemeinsam mit der Erkenntnis, dass nicht nur das Fachwissen, sondern ebenso die Lösungsstrategien selbst zu transferieren seien, wird obige Hypothese unterstrichen, die CHiK-Unterrichtspraxis fokussiere sich zu stark an den fachlichen Inhalten im Sinne einer Strukturierung durch die Basiskonzepte. Die Bedeutung der Reflektion und Erkenntnis des eigenen Lösungsweges bleibt unterschätzt. Ebenjene Hypothese sollte eingehender anhand der Aussagen der Interviewpartner reflektiert und kritisch diskutiert werden, indem die Formulierung des Transferproblems selbst eingehender analysiert wird. In Frage zu stellen ist also letztlich - entsprechend Gagné (Kapitel 1.2.1) - eine Phase der Dekontextualisierung, wie sie von den Interviewpartnern dargelegt wird, da auch Befunde von Pennington et al. zur Nutzungsspezifität prozeduralen Wissens bestätigen, dass bei einem Transferprozess nicht Wissen an sich übertragen wird, sondern dessen kontextbasierte, situative Nutzung, was aber nicht durch eine

Phase der Dekontextualisierung berücksichtigt werden kann, vielmehr aber durch das Erkennen von Analogien über eine Vielzahl von Problemsituationen hinweg.

Da bereits in Kapitel 1.2.1 mehrfach die Bedeutung motivationaler Faktoren hinsichtlich erfolgreicher Transferleistungen angeführt wurde – so u. a. von Volet als auch Alexander und Murphy - sollen diese vor dem Hintergrund der ausführlich in Kapitel 1.1.2 dargestellten und diskutierten Motivationstheorie nach Deci und Ryan im Rahmen einer CHiK-Einheit in der unterrichtlichen Praxis identifiziert werden.

Tabelle 6: Motivationale Aspekte im Rahmen einer CHiK-Einheit

Motivationale Aspekte im Rahmen einer CHiK-Einheit:	**Interviewpartner 1:**	**Interviewpartner 2:**	**Interviewpartner 3:**	**Interviewpartner 4:**	**Interviewpartner 5:**	**Interviewpartner 6:**	**Interviewpartner 7:**
Identifikation mit dem Kontext bzw. individuelle Bedeutungszuweisung durch die Lernenden (Kompetenzerleben, soziale Eingebundenheit in außerschulischen Realitäten, nach Deci und Ryan Kapitel 1.1.2)	Identifikation mit dem Kontext (S. 2, Z. 6-8) aber auch Kompetenzerleben *„was sie schon mal gelernt haben, in gewisser Weise anwenden zu wollen.“* (S. 2, Z. 11-12)	Identifikation mit bzw. individuelle Bedeutungszuweisung des Kontextes in ihrer Lebenswelt durch die Lernenden erübrigt die Frage *„warum muss ich das lernen“* (S. 6, Z. 25) *„[…] wenn ich […] in irgendeiner Weise sehe wo das ganz*[e] *einen Sinn macht, […], […] dann habe ich vielleicht die Möglichkeit auch eine größere Menge an Schülern zu motivieren sich mit dem*	*„[…] dass man einfach den Alltagszusammenhang sieht und daran die Fachsystematik aufbaut […]“* (S. 1, Z. 8 ff.)	*„[…] Chemie eben erfahrbar für die Schüler […] zu machen, deutlich zu machen, wo die Anwendungsbezüge liegen […]“* (S. 1, Z. 23 ff.) *„[…] dass die Chemie, die man unterrichtet, lebensnäher ist, dass die Schüler natürlich sehen wo spielt es in ihrem Alltag eine Rolle, […]“* (S. 3, Z. 3 ff.)	*„Wozu brauchen die Schüler das? Und das war ein ganz wichtiger Punkt, dass die lebensweltlichen Phänomene, ja die Richtschnur oder der rote Faden bei der Erarbeitung von Fachinhalten sein soll.“* (S. 1, Z. 17 ff.)	*„[…] sie werden neugierig auf das Thema […]“* (S. 1, Z. 47)	*„[…] Interesse der Lernenden […] “* (S. 1, Z. 30)

Motivationale Aspekte im Rahmen einer CHiK-Einheit:	**Interviewpartner 1:**	**Interviewpartner 2:**	**Interviewpartner 3:**	**Interviewpartner 4:**	**Interviewpartner 5:**	**Interviewpartner 6:**	**Interviewpartner 7:**
		Fachinhalt zu beschäftigen. […] einen Fachinhalt mit sinnvollen Argumenten den Schülern nahe zu bringen und später dann zu zeigen, kann ich das, was ich da gelernt habe anwenden.“ (S. 1, Z. 34 ff.) *„[…] warum ich mich mit den Dingen beschäftige. Es knüpft immer an an dem, was um mich herum ist und ich lerne ein stückweit die Welt besser zu verstehen.“* (S. 6 Z. 44 ff.)					

Motivationale Aspekte im Rahmen einer CHiK-Einheit:	**Interviewpartner 1:**	**Interviewpartner 2:**	**Interviewpartner 3:**	**Interviewpartner 4:**	**Interviewpartner 5:**	**Interviewpartner 6:**	**Interviewpartner 7:**
Selbsttätigkeit und Autonomie der Lernenden in ihrem eigenen Lernprozess (nach Deci und Ryan, Kapitel 1.1.2):	Angestrebte Selbstständigkeit und Autonomie der Lehrenden, allerdings auch lehrerzentriertere Phasen: Lehrkraft als *„Sammler und Moderator […] von Schülerideen und Schülervorstellungen“* (S. 1, Z. 38) *„Sie* [die Lernenden] *sind motiviert, Strukturen zu entdecken und vor allen Dingen dann am Ende die Inhalte beherrschen zu wollen.“* (S. 2, Z. 21-22)	*„[…] der Lehrer nimmt sich da im Prinzip zunehmend weiter zurück. […] Es gibt aber auch Phasen, die eben lehrerzentrierter sind […] “* (S. 5, Z. 10 ff.) *„Also wenn es eine interessante Aufgabe ist, dann in der Vertiefung das Wissen noch mal anzuwenden und zu sehen […] das kann ich, das finden die dann noch mal interessant und da gibt es eine Menge Schüler,*	*„[…] die Schülerinnen und Schüler* [erstellen] *dann Fragen, die den Unterricht dann tragen und struktutieren.“* (S. 1, Z. 19 ff.) *„[…] eigenständig das planen können, wie sie das erarbeiten, sind sie auch motiviert dazu dieses weiterhin, also quasi die eigenen Experimente z. B. zur Überprüfung zu entwickeln und diese dann auch durchzuführen, um dann sozusagen die Lösung ihrer eigenen*	*„[…] dass die Schüler eben sehr viel mehr mitplanen können […]“* (S. 1 Z. 25 ff.)	*„[…] also immer Aspekte wo, mit einer hohen Schüleraktivität aber auch solche mit einer hohen Lehrerzentriertheit, […]“* (S. 2, Z. 46 ff.)	*„[…] dann in der Neugierphase diese Fragen dann formuliert werden dürfen und anhand dieser Fragen […] auch das ganze dann eigentlich implementiert* [wird]*.“* (S. 1, Z. 48 ff.)	*„[…] Phasen, wo dir Schüler hauptsächlich selbst tätig sind […]“* (S. 4, Z. 30) wechseln mit solchen, die lehrerzenetrierter ausgerichtet sind (S. 4, 36 ff.)

Motivationale Aspekte im Rahmen einer CHiK-Einheit:	**Interviewpartner 1:**	**Interviewpartner 2:**	**Interviewpartner 3:**	**Interviewpartner 4:**	**Interviewpartner 5:**	**Interviewpartner 6:**	**Interviewpartner 7:**
	Transparenz des unterrichtlichen Prozesses, wobei der Prozess selbst von den Lernenden gesteuert wird (S. 1, Z. 34-36): *„[…] die Gruppe sollte verstehen, was jetzt als nächster Schritt von ihr verlangt wird, oder sie selbst sollte diesen sogar im optimalen Fall einfordern.“*	*die hochmotiviert sind.“* (S. 6, Z. 28 ff.)	*Fragen heranzuführen, […] Das eine oder andere Mal muss man als Lehrkraft vielleicht einfach strukturierend eingreifen, […]“* (S. 1, Z. 33 ff.)				

Die vorangegangene Tabelle unterstreicht, dass zentrale Aspekte der Motivationstheorie nach Deci und Ryan von allen Interviewten im unterrichtlichen Prozess Berücksichtigung finden. In besonderer Weise ist in diesem Zusammenhang die Rolle des Kontextes hervorzuheben, der die Bedeutung des Fachinhalts in der Lebenswelt der Lernenden betont und somit Kompetenzerleben ermöglicht. Der Kontext dient zudem als Grundlage zur Artikulation des Vorwissens der Lernenden und somit zur Aktivierung bereits vorhandener Konzept-Netzwerke des Lernenden. Die Rolle der Lehrperson wird zugunsten eines aktiv und weitestgehend autonom handelnden Lernenden als Moderator gesehen, dies insbesondere in den ersten zwei Phasen des Unterrichts. Deutlich wird allerdings, dass der lenkende Einfluss in der Erarbeitungs- als besonders in der vierten Phase durch die Lehrperson zunimmt. Begründung findet dies stets vor dem Hintergrund des „Expertenwissens“ der Lehrkraft bezüglich der Strukturierung des Fachinhalts im Zusammenhang mit einer Phase der Dekontextualisierung. Selbstverständlich muss die Lehrkraft auch in der Phase der Erarbeitung als „Experte“ entsprechend dem „need-to-know“ – Prinzip zur Lösung des Problems notwendige fachliche Inhalte gemeinsam mit den Lernenden erarbeiten. Verschiedenste Methoden der Gruppenarbeit betonen den motivationalen Aspekt der sozialen Eingebundenheit und zugleich der Autonomie und Selbsttätigkeit der Lernenden in ihrem eigenen Lernprozess. Letzteres wird ebenfalls durch die in vielfältigster Weise formulierte Transparenz für die Lernenden in ihrem eigenen Lernprozess unterstrichen, insbesondere durch die zweite Phase deutlich hervorgehoben. Abschließend kann hinsichtlich der Berücksichtigung motivationaler Aspekte festgehalten werden, dass insbesondere in der vierten Phase diese zugunsten eines stärker lehrerzentrierten und fachlich orientierten Unterrichts zurückgedrängt werden, wobei fraglich bleibt, inwieweit dieses durch die Divergenz zwischen „Experten“ und „Laien“ zu rechtfertigen ist, oder vielmehr eine alternative Ausgestaltung der Phase in der bereits zuvor geschilderten Weise gefordert werden sollte, so dass die Selbsttätigkeit und aktive Konstruktion des Lernenden auch hier festzustellen sein könnte.

Vergleicht man die in Kapitel 1.2.2.3 dargelegte didaktische Konzeption von CHiK mit der unterrichtlichen Umsetzung, so zeigt sich eine große Übereinstimmung bezüglich der inhaltlichen Darstellung der einzelnen Phasen. Auch die Bedeutung des Kontextes wird neben motivationalen Aspekten, ebenfalls in der Nähe aus Lern- und Anwendungssituation gesehen und in der daraus resultierenden Forcierung erfolgreicher Transferprozesse hinsichtlich des Erlernten in lebensweltliche Fragestellungen basierend auf der von Thorndike und Woodworth formulierten „Theorie der identischen Elemente“ (Kapitel 1.2.1). Ebenso wird

die im Rahmen der „Vertiefungs- und Vernetzungsphase“ angesprochene Rekontextualisierung auch von den Interviewten angeführt, wobei ebenjene Phase nachfolgend noch eingehender in ihrer unterrichtlichen Umsetzung zu betrachten sein wird. Die in der Konzeption selbst berücksichtigte Motivationstheorie von Deci und Ryan findet sich in der Darstellung der unterrichtlichen Praxis ebenso berücksichtigt wie die Bedeutung der Basiskonzepte.

Es bleibt somit in der nachfolgenden, eingehenderen Analyse der Interviews vorwiegend der Fokus auf die letzte Phase gerichtet, um das zugrunde liegende Transferverständnis des Lehrenden abzuleiten und um zu klären, inwieweit Transferebenen und Problemlösestrategien als auch Argumentationsebenen der Fachwissenschaft als transferunterstützende Elemente konkrete Beachtung finden.

Doch zuvor sollte die Transferproblematik selbst konkreter hinsichtlich des Erkennens eines Transfer-Problems, approximierter Ursachen, sowie der Begegnung dessen gefasst werden.

Tabelle 7: Transfer im Rahmen einer CHiK-Einheit

Interviewpartner	„Erkennen“: Formulierung eines Transferproblems	„Ursache“ des skizzierten Transferproblems der Lernenden	„Begegnung“: didaktisch/methodische Ansätze zur Förderung erfolgreicher Transferprozesse
Interviewpartner 1	Erkennen eines Transfer-Problems (S. 4, Z. 14 ff.), sowie zudem die Problematik (S. 3, Z. 50-51) *„[…] dass für die Lernenden immer nur der Kontext sehr wichtig ist und […] auch den Kontext immer nur aus dem Kontextblick sehen. Das muss man verhindern.“*	Ursache wird in der Schwierigkeit eines flexiblen Gesamtkonzepts, sowie eines fehlenden Überblicks der Lernenden gesehen. Zudem führt der Interviewpartner aus (s. insbesondere S. 4, Z. 24-33): *„Einmal ist es mangelndes […] Verfügungswissen […] und mangelndes Handlungswissen, das heißt den Schüler ist nicht vorher klar gesagt worden, was letzten Endes sie in bestimmten Situationen ohne Aufzeichnungen beherrschen müssen, sowohl Verfügung- als auch an Handlungswissen […], dass auch die Struktur im Grunde genommen den Schülern klar sein muss, also der Kontext muss letzten Endes auch bestimmte Strukturen vermittelt haben, damit man das strukturelle Gebäude dann auf ein neues Problem anwenden kann. Das ist noch ein anderes Problem, das heißt diese Einzelfakten meinetwegen sinnvoll miteinander zu verknüpfen noch mal zu einem Gesamten, um dann eine Transferaufgabe lösen zu können.“*	Der Problematik wird durch die vierte Phase begegnet, also durch eine Extraktion der Fachinhalte vom Kontext (S. 4, Z. 7-12): *„[…] um letzten Endes die Strukturen, also die Vernetzung von Basiskonzepten noch mal zu reflektieren und um die entsprechend fachlichen Ergebnisse zu sichern. […] wir sind ja im Chemieunterricht, […] es müssen fachliche Ergebnisse gesichert werden und eingeübt werden und dazu dient diese Dekontextualisierungsphase damit […] deutlich wird, dass neben dem Kontext auch Fachinhalte vermittelt wurden. […] die Lernenden auffordern kann, rückblickend noch mal die Fachinhalte, die in der Kontexteinheit abgehandelt wurden, zu reflektieren und sie zusammenstellen, um dann sozusagen sie zu strukturieren und damit verfügbar zu machen für Anwendungssituationen.“* (S. 5, Z. 4-7)
Interviewpartner 2	Keine expliziten Darlegungen des Transfer-Problems; jedoch werden die Herausforde-	Ursache für das Transfer-Problem *„[…] ist eine Art Gewohnheit, wie man Aufgaben gestellt kriegt. […] die lernen das dann z. T.*	Nach einer Kontexteinheit wird ein erneuter Kontext zur Anwendung des Erlernten angeboten (S. 1, Z. 47 ff. sowie angesprochene

Interviewpartner	„Erkennen“: Formulierung eines Transferproblems	„Ursache“ des skizzierten Transferproblems der Lernenden	„Begegnung“: didaktisch/methodische Ansätze zur Förderung erfolgreicher Transferprozesse
	rungen Transfer zu leisten durch die didaktische Struktur selbst in den Augen des Interviewpartners berücksichtigt: *„[…] indem ich also diese Vierphasigkeit nutze erst mal mit einem Kontext vertraut zu machen, über den Kontext Fachinhalte zu erarbeiten und dann in der Vertiefungsphase noch mal ganz gezielt das, die Fachinhalte zu den Basiskonzepten, die schwerpunktmäßig angesprochen worden sind, herauszustellen und sie in Bezug zu dem zu setzen, was schon gemacht wurde. Und im Anschluss daran immer eine Aufgabe denen noch mal zu geben mit einem neuen Kontext, oder für die Schüler neuen Kontext, wo dieser Fachinhalt noch mal eine Rolle spielt und sie diesen Transfer leisten müssen.“* (S. 4, Z. 9 ff.)	*auswendig und die versuchen es nicht zu verstehen. […] Und das andere ist […] dass diesen Basiskonzepten eine sehr große Bedeutung dabei zukommt.“* (S. 2 f., Z. 50 ff.) *„[…] was ganz wichtig ist, […] um einen Lernerfolg zu haben, […] dass man einfach auch Übungsphasen braucht. […] ein weiteres* [Problem]*, denke ich, […] wäre eine mangelnde Systematisierung. […] Schüler sich im Kontext verlieren, den „roten Faden“ nicht mehr sehen und dann auch nicht mehr die Zusammenhänge erkennen. […]“* (S. 7, Z. 28-36)	Beispiele) *„[…] wobei ein neuer Kontext dann nicht mehr im Sinne einer Einheit, sondern ich versuche Aufgaben zu entwickeln, wo das, was man gelernt hat dann in einem neuen Kontext auftaucht.“*[60] Nach einer Kontexteinheit werden die Basiskonzepte, im Sinne der reinen Fachinhalte noch einmal zusammengefasst, um diese den Lernenden transparent und transferierbar zu machen (s. Rückfrage S. 3, Z. 37-41). *„[…] im Wissen der Schüler, […] aber ich muss zwei Ebenen schaffen, einmal in den Alltagsbezug und einmal brauchen die auch einen Bezug dazu, wie sie das einordnen in das vorhandene Wissen.“* (S. 3 f.; Z. 51 ff.)

[60] *„Beispielsweise haben wir für die Sekundarstufe I eine Unterrichtsreihe entwickelt […] zu Sportgetränken und da geht es um Ionen und Ionenbindung und dann geht es um die Ionen die da drin sind u. a. Natrium-Ionen, Chlorid und so weiter, Kalium, Magnesium. Dann gibt es hinterher am Ende eine Aufgabe einmal eine zum Iodid, „Iodsis 2000“ heißt das, das ist ein Schilddrüsenmedikament und da ist Natriumiodid drin. Und da geht es dann auch wieder darum, zu erkennen, dass das eben ein Salz ist, wie das zusammengesetzt ist, dass das Salz eine Funktion für den Menschen hat und dasselbe gibt es mit einer Aufgabe zu Natriumflourid in Zahnpasta. Flourid-Ionen für Zähne. Das heißt, das ist jetzt hier für achtes Schuljahr auf einem einfachen Niveau, aber da geht es eben darum zu erkennen, das was ich über die Ionenbindung gelernt hab´ über die Salze, das da wieder anwende und dass ich eben, ja für die Schüler ist das ja ein neuer Kontext, für die hat Zahnpasta nichts mit Sportgetränken zu tun, aber ja im Prinzip können sie das, was sie da bei den Sportgetränken gelernt haben, da eben wieder genau an der Stelle wieder einsetzen und das möchte ich wissen, ob die das können, ob sie wirklich nur auswendig gelernt haben für den Test, oder ob sie wirklich verstanden haben, worum es geht.“* (S. 2, Z. 3-17)

Interviewpartner	„Erkennen“: Formulierung eines Transferproblems	„Ursache“ des skizzierten Transferproblems der Lernenden	„Begegnung“: didaktisch/methodische Ansätze zur Förderung erfolgreicher Transferprozesse
Interviewpartner 3	Erkennen des Transferproblems im Sinne einer grundsätzlichen Schwierigkeit des Lernenden (S. 4, Z. 34).	Als Ursache des Transferproblems wird ausgeführt (S. 4, Z. 34-35): *„[…] weil sie natürlich immer gerne Dinge abschließen […]“* sowie eine fehlende Unterrichtskontinuität *„[…] und die Schüler einfach diesbezüglich nicht nachhaltig genug lernen.“* (S. 5, Z. 20 ff.) Der Begriff der „Nachhaltigkeit“ fokussiert auf die Rolle der Basiskonzepte als „Anker“: *„Man muss ihnen irgendwo […] einen Anker bieten, dass sie diese Nachhaltigkeit für sich irgendwo erfassen können und für Schüler ist das immer schwierig die Quintessenz*[61] *von Sachen zu erfassen.“*	Begegnung des Transferproblems *„[…] relativ systematisch […] ich arbeite eigentlich mit einer begleitenden Begriffstabelle, wo ich immer die wesentlichen Kompetenzen, die sie erreicht haben, sowohl die inhalts- als auch die prozessbezogenen kurz, ja indem wir sie kurz zusammenfassen und dann halt gucken bei dem nächsten Kontext, den wir haben, wie sie bestimmte Sachen davon anwenden können und was sich erweitert.“* (S. 4, Z. 35-40) Zunächst eine Phase der Dekontextualisierung, dann Übergang in weitere Übungskontexte (Rekontextualisierung) (S. 6, Z. 4 und S. 6, Z. 18-21).
Interviewpartner 4	Erkennen des Transfer-Problems (S. 4, Z. 14 ff.)	Die Ursache des Transfer-Problems kann vom Interviewpartner nicht genau erfasst werden. Benannt wird allerdings erneut der Aspekt fehlender Unterrichtszeit zum Dekontextualisieren (S. 5, Z. 1 ff. bzw. S. 5, Z. 46-48): *„[…] die Dekontextualisierung oder dieses Zusammenfassen […], noch mal üben an anderen Beispielen bleibt auch kurz.“* sowie zudem (S. 4 f., Z. 48 ff.): *„[…] dass es eben*	Die vierte Phase der Dekontextualisierung stellt sich als Reaktion auf dieses Transfer-Problem dar, indem dort die zu erarbeitenden Fachinhalte nochmals kontextunabhängig von der Lehrperson präsentiert werden und damit im Verständnis des Interviewpartners in anderen Kontexten angewandt werden können (s. hierzu S. 5, Z. 10 ff.).

[61] Begriff der „Quintessenz“ meint *„Fachinhalte, aber auch die prozessbezogenen Kompetenzen […] Aber Schwerpunkt ist, […] ist sicherlich auch noch ein Manko, woran man arbeiten muss, liegt auf dem Fachinhalt.“* (S. 5, Z. 41 ff.)

Interviewpartner	„Erkennen“: Formulierung eines Transferproblems	„Ursache“ des skizzierten Transferproblems der Lernenden	„Begegnung“: didaktisch/methodische Ansätze zur Förderung erfolgreicher Transferprozesse
		diesen roten Faden durch die verschiedenen Kontexte noch nicht gibt. […] dass zwischen den Kontexten der Zusammenhang fehlt.“	Die Rolle von weiteren Beispielen wird an dieser Stelle vom Interviewpartner wiederholt angeführt, wobei diese keineswegs einen neuen Kontext darstellen, sondern als Repräsentanten gesehen werden können zur Untermauerung des fachlichen Konzepts und Begriffsnetzes: *„Weil die Schüler sonst in ihrem Kontext sitzenbleiben und überhaupt nicht erkennen, ja dass es eine chemische Reaktion auch in tausend anderen Beispielen gibt.“* (S. 5, Z. 28-30) und somit den Anspruchsbereich des „nahen Transfers“ darstellen: *„[…] die Klassiker aus dem Schulbuch, oder […] wenn sich das jetzt gerade anbietet und sowieso gerade naheliegt noch ein Alltagsbeispiel zu verwenden, dann mache ich das auch, aber ich ziehe das jetzt nicht mehr so groß als Kontext auf* [gemeint ist an dieser Stelle kein erneuter Durchlauf des Vierphasenschemas], *sondern dann ist es wirklich eine Übung, aber die nimmt, also meine ich, bei mir noch zu wenig Anteil an.“* (S. 6, Z. 13-17)
Interviewpartner 5	Erkennen des Transfer-Problems als immanentes Problem in jedem Lernprozess (S. 5, Z. 36 ff.): *„[…] ein Transfer-Problem, das allgemein das Lernen in der Chemie wie auch*	keine konkreten Ausführungen	Die Dekontextualisierung bzw. „Neukontextualisierung“ als Teil der vierten Phase, stellt eine Reaktion auf die Transfer-Probleme der

Interviewpartner	„Erkennen“: Formulierung eines Transferproblems	„Ursache“ des skizzierten Transferproblems der Lernenden	„Begegnung“: didaktisch/methodische Ansätze zur Förderung erfolgreicher Transferprozesse
	in anderen Fächern bestimmt […]“ bzw. *„Ich glaube dieses Transfer-Problem, das gibt es immer und das gibt es im fachsystematischen Unterricht genauso und wenn nicht sogar noch häufiger weil man es weniger deutlich durchschauen kann.“* (S. 5, Z. 23-26)		Lernenden dar (s. S. 5, Z. 26-27 sowie insbesondere S. 6, Z. 1 ff.), wobei eine Strukturierung der Fachinhalte im Sinne der Basiskonzepte als zentral formuliert wird (S. 5, Z. 41 ff.).
Interviewpartner 6[62]	Keine konkreten Ausführungen	Die Ursache des Transfer-Problems wird im situativen Lernen selbst gesehen, welches gerade am Anfang für die Lernenden eine Schwierigkeit darstellt, da diese Form des Lernens für sie ungewohnt ist. (S. 5, Z. 36 ff.) *„[…] dass die Lernenden […] vor lauter Kontext*[63] *den Inhalt nicht sehen. […] dass sie den, normalerweise im Unterricht immer vorhandenen fachsystematischen „roten Faden“ nicht erkennen und im Prinzip der Kontext eine zusätzliche Schwierigkeit darstellt.“* (S. 1 f., Z. 49 ff.)	Transferfördernd wird eine Phase der Dekontextualisierung gesehen. (S. 5, Z. 45 ff.) *„[…] das eigentliche wirkliche reine fachchemische Potential ja exemplarisch nur erlernt wird und wenn das denn nicht noch mal vorher rausgestellt wird, also auch wirklich jetzt noch mal quasi die Definition, die fachsystematische Definition einer Redoxreaktion also wirklich noch mal so ganz trocken an der Tafel steht, so richtig so wie es im Grunde in den Lehrbüchern zu finden ist, dann haben sie halt das Problem zu erkennen, dass die glei-*

[62] Anmerkung: „Transfer“ wird nicht mit dem Begriff „Übung“ gleichgesetzt. „Transfer“ wird als Erweiterung der begrifflichen Grundlage und somit des fachlichen Konzepts gesehen. (S. 4, Z. 1 ff.)

[63] *„[…] der Kontext soll für mich der lebensweltliche Rahmen sein, indem man ein bestimmtes chemisches Problem verstehen kann und für den, dessen Lösung man ein bestimmtes chemisches Fachwissen braucht.“* (S. 2, Z. 46-48)

Interviewpartner	„Erkennen“: Formulierung eines Transferproblems	„Ursache“ des skizzierten Transferproblems der Lernenden	„Begegnung“: didaktisch/methodische Ansätze zur Förderung erfolgreicher Transferprozesse
			che Situation bei anderen, in anderen Problemfällen tatsächlich vorliegt. Also quasi erkennen, dass es sich um das gleiche Phänomen eigentlich handelt, obwohl es völlig andere Stoffe sind.“ (S. 6, Z. 10-17) *„[…] um in einer Wiederholung es gesamten Kontextes noch mal die gesamte Chemie in Form von Definitionen und Reaktionsschemata vor Augen zu haben bevor man sie dann im Transfer auf eine Übungsaufgabe überträgt.“* (S. 6, Z. 44-46)
Interviewpartner 7	Ein mögliches Transfer-Problem wird nicht als gravierend eingeschätzt (S. 6, Z. 27ff.): *„[…] Das ist eigentlich […] eher was, was die Schüler gut finden […] als so ein Kompetenzerleben. […] damit habe ich eigentlich wenig Probleme, also jetzt mit diesem Transfer auf andere Kontexte. […] also wenn das ein naher Transfer […] ist […] […] und sind damit zugleich der Relevanz dessen, dessen, was sie gelernt haben noch mal bewusst.“* Angemerkt wird allerdings (S. 2, Z. 28-31): *„[…] berichtet haben eben einzelne Lehrer, dass sie das nicht so reproduzieren können, wenn man jetzt einen Test geschrieben hat,*	Ursache wird in einem fehlenden fachsystematischen „roten Faden“ verbunden mit mangelnder Ausarbeitung der Beziehung von Kontext und Konzept gesehen (S. 1, Z. 48 ff.): *„[…] die häufigste Klage war, […] dass die Lernenden […] vor lauter Kontext den Inhalt nicht sehen. […] dass sie den, normalerweise im Unterricht immer vorhandenen fachsystematischen „roten Faden“ nicht erkennen und im Prinzip der Kontext eine zusätzliche Schwierigkeit darstellt. Also die Idee ist ja eigentlich, dass man mit dem Kontext das Lernen erleichtert weil es lehr-lerntheoretisch Anknüpfungspunkte bietet, die Lernenden sozusagen ihr eigenes Wissen von*	Erkenntnis von Analogien zwischen den Kontexten als transferunterstützendes Element (S. 4, Z. 50 ff.): *„[…] wenn es gut läuft ist es ja so, dass man ja im Prinzip schon während des Unterrichts der Erarbeitungsphase diese Sachen zur Kenntnis nimmt* [Anmerkung: die Schüler Analogien erkennen]. *[…] dass die Schüler dann sagen: ist das nicht so ähnlich wie. […]“* Zudem wird die vierte Phase als zentrales Element der fachinhaltlichen Sicherung angegeben und somit als zentral zur zukünftigen erfolgreichen Problemlösung (S. 5, Z. 30-36): *„[…] also da nehme ich mir stärker raus*

Interviewpartner	„Erkennen“: Formulierung eines Transferproblems	„Ursache“ des skizzierten Transferproblems der Lernenden	„Begegnung“: didaktisch/methodische Ansätze zur Förderung erfolgreicher Transferprozesse
	der jetzt eben nicht in erster Linie kontextorientiert war, sondern der so ähnlich war, wie sonst auch, dass sie dann eben diese rein fachlichen Inhalte nicht in gleicher Qualität abgeliefert haben, […].“	*vorhandenem Wissen aus konstruieren können, sie kennen bestimmte Dinge aus ihrer Lebenswelt und die greifen wir auf und daher kommen jetzt die Fachinhalte rein. […] dass sie eben zwei „rote Fäden“ aufnehmen mussten, dass sie einerseits mit einem Kontext was anfangen können mussten und zugleich aber natürlich weiter bei vielen Lehrern dieser fachsystematische Film abläuft, […] Was man als Lehrer halt sehr klar vor Augen hat: das und das und das muss dabei rumkommen und dann oft so doppelgleisig fährt, also einerseits immer wieder in den Kontext springt und sagt da und da knüpfen wir das an und dann aber auch immer wieder einzelne Stunden dann fachsystematisch sagt, das und das und das kann ich eigentlich nicht verstehen ohne das und ohne das und ohne das. Und wenn ich das miteinander zusammenbringe, dass für Schüler oft undurchsichtiger wurde, oder dann die Lehrer darüber geklagt haben, dass sie entweder unglaublich viel Zeit für eine bestimmte Einheit gebraucht haben, weil sie sozusagen doppelt gearbeitet haben, einmal den Kontext und dann den Fachinhalt, oder dass sie halt gesagt haben: wir haben*	*auch zu sagen: so, das und das möchte ich jetzt aber sehen. Zeigt doch noch mal könnt ihr diese Form der Darstellung, könnt ihr das als Redoxgleichung, könnt ihr das. Das ich da schon noch mal stark darauf dränge, dass die eben das abliefern können, was ich vermute, was im Zentralabi dann verlangt wird. Also ich nehme mir da mehr raus und das hat auf jeden Fall einen höheren Redeanteil von mir. Da halte ich auch schon mal dann einfach eine Doppelstunde lang einen Vortrag und gebe alles das so raus und sage: das müsst ihr können, so. […]“* (s. ebenso S. 5, Z. 46 ff.)

Interviewpartner	„Erkennen“: Formulierung eines Transferproblems	„Ursache“ des skizzierten Transferproblems der Lernenden	„Begegnung“: didaktisch/methodische Ansätze zur Förderung erfolgreicher Transferprozesse
		jetzt hauptsächlich, wie ihr das vorschlagt, am Kontext gearbeitet und die Schüler haben dann aber das Fachsystematische dann nicht so gut verstanden, als wenn ich jetzt einfach in dieser Zeit bloß fachsystematisch unterrichtet hätte.“	

Bei allen Interviewpartnern wird die Herausforderung Transfer zu leisten angesprochen, wobei die Situierung des Fachinhalts im Rahmen des Kontextes als kritisch angesehen wird. Hierzu führt Interviewpartner 5 exemplarisch aus: *„Sicherlich gibt es immer wieder Schwierigkeiten dahingehend, dass diese […] Lebensweltorientierung oder Kontextorientierung ganz, ganz viele Fragen aufwirft, die man dann auch jeweils verschieden beackert […] Und es gibt dann die Schwierigkeit, dass man sehr stark in die Breite geht und dann als Lehrer das Problem hat den Tiefgang zu erreichen und die Schüler dann wieder zu sammeln für […] eine gemeinsame Fragestellung. Das ist also immer wieder schwierig von der Breite wieder in die Tiefe zu gehen […] dieses durch den Trichter schicken und wieder zu […] gemeinsamen Ergebnissen zu kommen, das ist sicherlich die größte Herausforderung bei CHiK. Eine Schwierigkeit ist sicherlich auch, […] dass die Schüler Gefahr laufen sich in so Einzelfakten und Einzelfragmente, so Wissensfragmente zu verzetteln, also sie lesen dann ganz, ganz viel, sie ziehen natürlich auch andere Quellen heran als so im klassischen fachsystematischen Unterricht in dem sie einfach nur ein Schulbuch benutzen und dann lesen sie Sachen, die zuweilen kompliziert sind und die eben auch, ja bei denen es eben […] um ganz viele Details geht, die sage ich mal für das Verständnis jetzt erst einmal nicht notwendig sind und die merken sie sich und dabei verlieren sie sozusagen den Blick für das wesentliche oder sehen auch halt den, den Wald vor lauter Bäumen nicht.“*

Durch die kontextbasierte Erarbeitung des Fachinhalts in einem Problemlöseprozess ist es nach Ansicht aller Interviewpartner notwendig die grundlegenden fachlichen Konzepte vom Kontext zu trennen. In diesem Zusammenhang kommt der vierten Phase eine große Bedeutung zu, indem dort jene situiert erworbenen Konzepte hinsichtlich übergeordneter Basiskonzepte strukturiert werden (exemplarisch Interviewpartner 1, S. 4, Z. 42-43): *„[…] kontextorientierter Unterricht wird nicht erfolgreich sein, wenn er diese letzte Phase weglässt.“*

Alle Interviewten sehen ebenjenen Schritt als zentral an und unterstreichen damit ihre Vorstellung des Transferprozesses, indem es für sie offensichtlich um eine Anwendung allgemeiner Strukturen im Sinne der Basiskonzepte geht. Die Basiskonzepte selbst werden dabei als „roter Faden“ identifiziert bzw. als „Anker“ um Transferprozesse zu ermöglichen. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass der Lernende strukturelle Ähnlichkeiten und somit Analogieschlüsse zwischen den verschiedenen Problemsituationen erst durch die Basiskonzepte zu erkennen vermag. Interviewpartner 1 spricht zudem neben einer Strukturierung bezüglich der Basiskonzepte von einer „Vernetzung“ dieser, die der Lernende reflektieren sollte. Inwiefern hier eine wirkliche Rekapitulation der kontextbasierten Konzeptstrukturierung

durch den Lernenden selbst gemeint ist, bleibt vor der weiteren Darstellung der Ausgestaltung dieser Phase allerdings zweifelhaft. Im Idealfall würde hier auch eine Reflektion des Problemlöse- bzw. Erkenntnisprozesses anklingen, jene Strategien, die bei lediglich einem anderen Interviewpartner hinsichtlich inhalts- und prozessbezogener Kompetenzen anklingen.

Interviewpartner 2 verweist in der Darstellung bezüglich der konkreten methodischen Ausgestaltung der vierten Phase auf eine relativ hohe Aktivität der Lernenden bezüglich einer Strukturierung im Rahmen der Basiskonzepte, wobei angemerkt sei, dass jene „sinnvolle Zusammenstellung der Schlüsselbegriffe“ ein Konzept-Netzwerk suggeriert, welches einem individuellen Konstruktionsprozess obliegen sollte (S. 4, Z. 30 ff.): *„[…] wir haben hier Basiskonzept Stoff-Teilchen, Struktur-Eigenschaftsbeziehungen, was haben die da gelernt, in dem Fall haben wir das in ein concept-map gepackt, was für die Schüler eine echte Leistung war, haben so wirklich eine ganz Stunde dazu gebraucht Schlüsselbegriffe sinnvoll zusammenzustellen […]“* (Beispiele für Rekontextualisierungen u.a S. 3, Z. 14-24)

Bei allen Interviewten wird eine sich der Dekontextualisierung anschließende Rekontextualisierung als transferfördernd herausgestellt, so auch bei Interviewpartner 2, der u. a. jene fehlende Transferübung als ursächlich für das Transfer-Problem formuliert. Auch wird in der Darlegung der Rekontextualisierung deutlich, dass hiermit weitestgehend „naher Transfer“ gemeint ist, der eine analoge Konzeptstruktur in keinem „echten“ Problemlöseprozess verlangt (Interviewpartner 4): *„[…] wenn ein Alltagsbeispiel* [sich] *noch ergibt ist das o.k., aber ich würde das nicht mehr als Kontext bezeichnen, […] da sind dann Phasen, wo ich ziemlich genau einfach vorgebe jetzt haben wir dieses Beispiel und jetzt solltet ihr dies und jetzt solltet ihr das, also ja […]“*

Anzumerken ist allerdings, dass die von Interviewpartner 6[64] als auch von Interviewpartner 2[65] dargelegte Übungsaufgabe in ihrer Anlage durchaus offener gestaltet ist und einen Problemlöseprozess induziert. Leider finden sich bei keinem Interviewpartner Kriterien zur Entwicklung dieser „Übungskontexte“.

Besondere Beachtung sollte die von Interviewpartner 3 erwähnte „Begriffstabelle“ finden, zum einen, weil darin sowohl inhalts- als auch prozessbezogene Kompetenzen, die zuvor kontextbasiert erworben wurden, aufgegriffen werden und somit der Fokus des zu transferierenden nicht ausschließlich auf dem Fachinhalt im Sinne der Basiskonzepte liegt. Zum anderen wird in den Ausführungen zum Nutzen der Tabelle deutlich, dass diese das Erkennen von Analogien als notwendiges Kriterium erfolgreichen Transfers und somit Problemlösens andeutet. In diesem Zusammenhang kann auch die Aussage des vierten Interviewpartners verstanden werden, der einen fehlenden „roten Faden“ bzw. einen mangelnden „Zusammenhang“ zwischen den Kontexten kritisiert, was offensichtlich ebenjene Rekontextualisierung durch Analogieerkenntnis des lernenden „Laien“ erschwert. Ebenso deutlich bemängelt wird die fehlende Zeit für die vierte Phase, insbesondere für eine Rekontextualisierung im Sinne „nahen Transfers“ sei die Zeit zu knapp. Dem Interviewpartner geht es dabei um die unterschiedliche Repräsentanz des Fachinhalts, wobei angemerkt sei, dass dadurch

---

[64] *„1854, ein Jahr vor der zweiten Weltausstellung in Paris, auf der der Öffentlichkeit zum ersten Mal ein Barren aus Aluminium vorgestellt wird, äußerte Sainte-Claire Deville auf einer Sitzung in der Pariser Akademie der Wissenschaft seine Vision zu dem von ihm zuvor hergestellten Aluminium […]: „Hat man denn je erfasst, was für eine große Zukunft dem Aluminium beschieden sein könnte? Man stelle sich nur vor, wie sehr ein weißes Metall, unveränderlich wie Silber, das an der Luft nicht schwarz wird, das schmelzbar, hämmerbar, dehnbar und zähe ist und das die wunderbare Eigenschaft aufweist leichter als Glas zu sein, wie sehr ein derartiges Metall von Nutzen sein könnte, wenn es gelänge es auf einfache Art zu gewinnen. Wenn man überdies in Betracht zieht, dass dieses Metall in der Natur in großen Mengen vorkommt, das ein Mineral der Ton ist, dann muss man auf´s Innigste wünschen, dass es zum Gebrauchsmetall werde. Ich habe allen Grund zu wünschen, dass dies geschehen wird.“ Deville bezeichnete das von ihm hergestellte Aluminium als „l´argent d´agire“, was übersetzt Silber aus Ton bedeutet.“*
[…] „Nimm Stellung zu Devilles Aussage, dass dieses Metall in der Natur in großen Mengen vorkommt.“ Das heißt also ich will abtesten, ob die wissen, dass das Aluminium da nicht im Ton ist. So nach dem Motto, der Ton enthält Aluminium, weil es Aluminiumoxid ist.
Weiter b): „Es müssen weitere zwei Jahrzehnte vergehen, […], bis die Menschen endlich in der Lage sind in größeren Mengen [Aluminium] aus Ton zu gewinnen. Die Erzeugung von Kupfer aus Erzen gelingt dagegen bereits in der Jungsteinzeit. Diskutiere Gemeinsamkeiten und Unterschiede. Du kannst vereinfacht davon ausgehen, dass Ton im Wesentlichen aus Aluminiumoxid besteht.“
So etwas meinte ich mit Transfer.“ (S. 7, Z. 4 ff.)

[65] *„[…] z. B. hatten wir Aggregatzustände und im Rahmen von Getränken, Stoffmischungen und so, gab es auch extra Aggregatzustände und am Ende hatte ich eine Aufgabe […] das war ein Experiment. Wenn ich Nagellackentferner in so ein*[en] *Nachfüllbeutel, der leer ist packe, verschließe, dann sieht es ja aus, so ein bisschen Nagellackentferner, als ob da noch gar nichts drin ist und dann lege ich den auf heißes Wasser und dann sollten die erst eine Hypothese entwickeln, was sie glauben, was dann passiert und das konnten die, das konnte der Großteil sagt das bläht sich auf, das platzt, also das kam von vielen und dann ging es darum, dann haben wir das gemacht, dann sah man, dass es wirklich so war, dann ging es darum das zu erklären. Und da kann ich einfach überprüfen, hat jemand dieses Teilchenkonzept verstanden.“* (S. 3, Z. 14-24)

das in einem Kontext erworbene fachliche Konzept erst Flexibilisierung und Allgemeingültigkeit im Sinne eines Basiskonzepts erfahren kann.

Auch der sechste und siebte Interviewpartner verweisen auf eine notwendige Analogieerkenntnis für erfolgreiche Transferleistungen, fokussieren sich aber wie nahezu alle Interviewten auf die zu übertragenden fachlichen Konzepte. Somit ist eine Strukturierung dieser zuvor situativ erworbenen Fachinhalte im Sinne der Basiskonzepte das zentrale transferunterstützende Element, um jene Analogien zwischen den Fragestellungen zu erkennen (Interviewpartner 4, S. 2, Z. 12-13): *„[…] von dem Brändekontext wegzukommen und zu zeigen, dass es eben ganz viele andere chemische Reaktionen gibt und dann in dem Zusammenhang mach ´ ich dann z. B. tatsächlich auch noch mal Schülerversuche mit Kupfer- Schwefel, dass sie einfach selber dann noch mal rumhantieren und sehen: ach guck, und eben die Prinzipien halt wiedererkennen, die sie eben bei der, eben am Beispiel der Kerze, der Verbrennung kennengelernt haben.“*

Aus allen Interviews ergibt sich ein nahezu einheitliches Bild bezüglich der vierten Phase als transferunterstützendes didaktisches Element. Die geforderte Dekontextualisierung wird in der Notwendigkeit eines fachsystematischen „roten Fadens“ gesehen, bzw. in der Strukturierung der situiert erworbenen fachlichen Konzepte im Kontext im Sinne der Basiskonzepte, welche sich damit letztlich als zu transferierende Elemente selbst darstellen. Die zum einen motivational, als auch vor dem Hintergrund des lehr-lerntheoretischen Konstruktivismus, der Situiertheit von Lehren und Lernen sowie der günstigen Nähe aus Lern- und Anwendungssituation begründete kontextbasierte Erarbeitung des fachlichen Inhalts stellt sich für den lernenden „Laien“ nach Ansicht der Lehrenden in der Praxis offenbar als Hindernis für nachfolgende erfolgreiche Transfer- und Problemlöseprozesse dar. Der „Laie“, so die Ansicht der Interviewten, welche auch in der methodischen Umsetzung jener Phase deutlich wird, benötigt Unterstützung, um den fachlichen Inhalt vom Kontext zu trennen bzw. Inhalte als allgemeingültige Basiskonzepte zu abstrahieren bzw. zu strukturieren. Jene stellen sich auch in den Aussagen der Lehrenden als zu transferierende Elemente dar, wodurch die immanente Bedeutung von Problemlösestrategien in Transferprozessen kaum bzw. gar nicht berücksichtigt wird (s. u. a. Interviewpartner 1, S. 4, Z. 19-20): *„[…] wie bei jedem Transfer sind die Gruppen natürlich gefordert, die Fachinhalte zu beherrschen, um sie auf neue Situationen anwenden zu können.“*

Somit stellen auch eingeforderte Transferleistungen im Rahmen einer Rekontextualisierung keine Problemkontexte dar, sondern vielmehr Fragestellungen zur analogen Anwendung des

erarbeiteten Fachinhalts und seiner konzeptionellen Struktur. Eine Flexibilisierung angesprochener Vernetzungen zwischen den Konzepten kann so nicht gelingen.

Fraglich bleibt zudem, wie eine solche Abstraktion und Strukturierung eines fachlichen Inhalts im Sinne der Basiskonzepte an nur einem Beispiel geleistet werden kann. Vielmehr könnte die vielfach angesprochene Analogieerkenntnis des Lernenden im Rahmen einer definierten Abfolge von Kontexten zur eigenständigen Erkenntnis allgemeingültiger Konzepte führen, wobei der Lernende die von allen skizzierte notwendige Trennung von Kontext und Konzept eigenständig leisten könnte, so wie es von Interviewpartner 5 bereits angedeutet wird (S. 2, Z. 20 ff.): *„*[Phase der Rekontextualisierung] *[…] um den Schülern zu verdeutlichen, dass sie […] allgemeine Prinzipien erarbeitet haben. Vorher sind es in dem Sinne noch gar keine Basiskonzepte, weil sie an den einzelnen Themen „kleben“ sozusagen. […] das wäre auch zu viel verlangt zu sagen, dass der Schüler an einem Kontext bereits das Allgemeine aus diesem einen Beispiel herausheben kann.“*

Eine solch definierte Abfolge von Problemkontexten klingt vielfach als Forderung an und würde zahlreiche Gelegenheiten zur Übung „Analogiebegründeten Transfers“ bieten und Raum für die Reflektion von Problemlösestrategien, wie sie von Interviewpartner 1 bereits angesprochen wurde (s. S. 3, Z. 10 ff.). „Analogiebegründeter Transfer“ findet sich in den Aussagen der Lehrkräfte als dem Transferprozess immanentes und zentrales Element, muss aber konsequenter ausgebaut werden. Eine geforderte definierte Abfolge von Kontexten als auch Kriterien zur Entwicklung dieser sind hierfür notwendig. Dazu muss allerdings die Vorstellung des Lehrenden vom Transferprozess selbst Erweiterung finden bzw. ein tragfähiges Modell unter begrifflicher Ausschärfung vorliegen (s. Interviewpartner 6, S. 4, Z. 1 ff.): *„Auch ja, aber es hat natürlich auch was mit Übung zu tun […] und vor allen Dingen natürlich auch noch mal, also der Transfer auf andere, es hat auch noch mal was mit Erweiterung zu tun […]“*

Betrachtet man den zeitlichen Anteil der vierten Phase mit durchschnittlich knapp 20 % und der zentralen Bedeutung bezüglich der Fähigkeit der Lernenden Transfer zu leisten, so stellt sich der Anteil dieser Phase als zu gering dar, soll sowohl einer Phase der De- als auch Rekontextualisierung Rechnung getragen werden. So räumt Interviewpartner 1 ein, dass eine Rekontextualisierung aus zeitlichen Gründen nicht nach jeder Einheit stattfindet (s. S. 2, Z. 39 ff.).

Eine „Transferkultur“ wie in Kapitel 1.2.1 von Simons eingefordert, klingt u. a. in den Ausführungen von Interviewpartner 2 an (s. hierzu S. 2, Z. 45 ff.). In diesem Zusammenhang betont u. a. Konrad sowie Stark et al. die Bedeutung multipler Kontexte, um „träges Wissen“

zugunsten erfolgreicher Transferprozesse auf der Grundlage eines flexiblen Konzept-Netzwerks des Lernenden einzudämmen (Kapitel 1.2.1). Jene Ansicht findet sich auch in den Aussagen des dritten Interviewpartners wieder, der zudem das Potential zur eigenen Strukturierung der fachlichen Konzepte im Sinne der Basiskonzepte durch den lernenden „Laien“ im Rahmen einer wohldefinierten Kontextabfolge sieht (s. S. 5, Z. 24-36 sowie S. 6, Z. 18 ff.). Insbesondere jener Interviewpartner spricht die nachfolgend zu entwickelnde und zu evaluierende Struktur der Fallstudien bereits an, so soll die strukturierte Abfolge von Kontexten den Lernenden in die Lage versetzen *„[…] selbstständig eine Struktur in der Chemie zu erfassen. Also eine selbstständige Struktur nach Basiskonzepten im Bereich des Fachwissens zu erkennen und […] durch heranziehen gewisser Fachinhalte, die sie aus dem vorangegangenen Unterricht gelernt haben, dieses auf neue Sachzusammenhänge anzuwenden und eine neue Erkenntnisstufe zu erreichen, das heißt also, zusätzlich einen Lernzuwachs zu erzielen und diesen sozusagen immer aufsteigend zu erhalten, so dass sie insgesamt dann irgendwann einen richtigen, ja Kompetenzzuwachs […]“* (S. 4, Z. 11 ff.). Der angesprochene „Kompetenzzuwachs“ meint also eine Erweiterung des Konzept-Netzwerks des Lernenden, welches nach Basiskonzepten strukturiert ist, welche zugleich die zu transferierenden Elemente darstellen (s. auch Aussagen von Interviewpartner 3, S. 2, Z. 43 ff.).

Mit jener angedeuteten didaktischen Strukturierung im Sinne einer Abfolge von kontextbasierten Problemstellungen bliebe die Selbstständigkeit des Lernenden im eigenen Lernprozess entsprechend der Motivationstheorie nach Deci und Ryan als auch hinsichtlich konstruktivistischer Ansichten von Lehren und Lernen erhalten. Dies steht im Gegensatz zu der stärker lehrerdominierten Methodik jener letzten Phase, wie sie u. a. Interviewpartner 7 darstellt (S. 5, Z. 34-36): *„Da halte ich auch schon mal dann einfach eine Doppelstunde lang einen Vortrag und gebe alles das so raus und sage: das müsst ihr können, so.“* Begründung findet diese zurückgedrängte Schülerzentrierung durch die Strukturierung der fachsystematischen Grundlagen, welche nur der „Experte“ durch sein vorhandenes Überblickswissens zu strukturieren vermöge (S. 5, Z. 29 ff. sowie S. 5 f., Z. 44 ff.): *„[…] ich muss insbesondere bei der Sicherung dann darauf achten […] das heißt ich muss dafür sorgen, dass eben alle Inhalte in gleicher Qualität gesichert sind und das ist natürlich stärker steuernde Rolle […] ich muss an der Stelle sozusagen über die Schüler hinweggehen […].“*

Gegen „starre Regeln“ am Ende einer Kontexteinheit spricht sich allerdings Interviewpartner 1 aus, weil *„[…] die dazu führen könnten, dass die eben gelernten Inhalte nicht übertragen werden können, sodass das Transferproblem nicht gelöst werden kann.“* (S. 5, Z. 14-19), was sich auch in der theoretischen Auseinandersetzung in Kapitel 1.2.1 wieder findet, wo

bereits ausgeführt wurde, dass erfolgreiche Transferprozesse nur dann gelingen können, wenn nicht nur das zu transferierende Wissen erlernt wird, sondern vielmehr das Transferieren selbst im Unterricht geübt wird, was durch jene wohldefinierte Kontextabfolge geleistet werden könnte.

Hierzu wird allerdings in den Ausführungen des Kapitels 1.2.1 die Reflektion des eigenen Problemlöse- bzw. Erkenntnisprozesses genannt, den Jüngst als „neuralgischen Punkt“ zur Unterstützung erfolgreicher Transferleistungen bezeichnet, welcher offensichtlich in der Umsetzung der didaktischen Konzeption von CHiK kaum eine Rolle spielt. Zwar spricht Interviewpartner 1 neben der fachlichen Struktur auch die Reflektion des Erkenntnisprozesses im Rahmen der vierten Phase einer CHiK-Einheit an, doch bleibt die Betonung auf der fachlichen Ebene, der Basiskonzepte als zu transferierender Elemente (S. 4, Z. 45 ff.). Notwendig für erfolgreiche Transferprozesse des Lernenden sei ein zu erlangendes flexibles Konzept-Netzwerk (S. 4, Z. 34 ff.), welches durch die Strukturierung erlernter Inhalte im Sinne der Basiskonzepte gemeinsam mit den Lernenden zu entwickeln sei, um die Verfügbarkeit dieses Netzwerks in anderen Anwendungssituationen zu ermöglichen. Eine konkrete Beachtung situativ, kontextbasiert erworbener Problemlösekompetenzen wird nicht explizit als transferunterstützendes unterrichtliches Element angeführt.

Der Tenor der Aussagen der Lehrkräfte verweist also auf die Basiskonzepte als zu transferierende Elemente, wobei weitestgehend ebenjene Reflektion des eigenen Erkenntnisprozesses und damit die Identifikation von Problemlösestrategien ausbleiben. Transferprozesse sollen über die Identifikation der der Oberflächenstruktur zugrunde liegenden Basiskonzepte gelingen: *„[…]* [die Lernenden] *einfach einen anderen Blick drauf kriegen* [auf die jeweilige Problemstellung], *das heißt, dass ich nicht mehr so panisch dann gucke, wie geht das, sondern welches Konzept steckt hintendran, […]* [dass die Lernenden] *eben ganz andere Lösungsmöglichkeiten haben mit solchen Aufgaben umzugehen.“* (Interviewpartner 2, S. 3, Z. 31 ff.), wobei die Frage nach der Fähigkeit des Lernenden zur Durchdringung der Oberflächenstruktur unbeantwortet bleibt und das Erkennen von Analogien voraussetzt, bei denen der „Laie“ zwischen struktureller Ähnlichkeit und Oberflächenähnlichkeit differenzieren muss.

Abschließend sei zudem betont, dass eine Differenzierung des Transfer-Begriffs selbst im Sinne Simons (Kapitel 1.2.1) als auch hinsichtlich der betrachteten Transferdistanz entsprechend Ausubel und Robinson bzw. Salomon und Perkins in den Ausführungen der Lehrenden weitestgehend ausbleibt. Inwieweit dies auf eine fehlende Modellvorstellung zum

Transferprozess selbst hinweist, kann auf der Grundlage des Interviewschemas nicht behauptet werden.

Im Zusammenhang allerdings mit den gedanklichen Ebenen, welche im Lernprozess markiert werden, dominieren Kontext und Konzept (z. B. Interviewpartner 7, S. 2, Z. 5-8): *„[…] dass sie eben zwei „rote Fäden“ aufnehmen mussten, dass sie einerseits mit einem Kontext was anfangen können mussten und zugleich aber natürlich weiter bei vielen Lehrern dieser fachsystematische Film abläuft […]“,* wobei jene Verknüpfung zugleich als zentrales Problem im Transferprozess dargelegt wurde. Die in der Konzeption selbst ausgeführten Ebenen eines Erkenntnis- bzw. Problemlöseprozesses und somit Grundlagen erfolgreichen Transfers klingen nur an, werden jedoch keineswegs als transferunterstützende Aspekte genannt.

Fazit

Die vorangegangenen Untersuchungen zeigen bei allen sieben interviewten Lehrkräften eine übereinstimmende didaktische Struktur, welche in ihrer Vierphasigkeit und didaktischen Ausgestaltung der Phasen weitestgehend eine Umsetzung des entwickelten Konzepts darstellt (vgl. Kapitel 1.2.2.3). So wird die erste Phase als Begegnung mit dem Kontext stets durch eine aktive Rolle des Lernenden geprägt, wobei der Kontext selbst in seiner Rolle und Funktion hier zunächst aus motivationalen Gesichtspunkten ausgehend von seiner Authentizität Rechtfertigung erfährt. Zudem ermöglicht der Kontext auf der Ebene der Konzeptentwicklung beim Lernenden in jener ersten Phase der Begegnung eine Aktivierung des individuellen Konzept-Netzwerks, was als Transferleistung verstanden werden kann.

Die angedeutete Motivation des Lernenden durch den Kontext findet Fokussierung im „need-to-know“ - Prinzip, welches die „Lücken“ im bereits vorhandenen Konzept-Netzwerk der SchülerInnen (Vorwissen) bewusst machen soll. Neben einer solchen motivationalen Rolle des Kontextes in einer CHiK-Einheit klingt somit schon die Funktion des Kontextes als authentische Anwendung erworbener Kompetenzen an. Jenes von den Lehrenden skizzierte „need-to-know“ – Prinzip bildet zugleich den Übergang in die zweite Phase, in der durch weiterführende Fragestellungen und ggf. notwendige Impulse von Seiten der Lehrperson die nachfolgende Struktur des Unterrichts entwickelt wird. Auch in der Benennung und inhaltlichen Darlegung der dritten Phase finden sich bei allen Interviewten übereinstimmende Aussagen hinsichtlich der Erarbeitung der fachlichen Inhalte und eine angedeutete, beginnende Einbettung in das bestehende Konzept-Netzwerk der Lernenden.

Der Kontext somit zugleich als Ursache zur Erarbeitung neuer fachlicher Inhalte als auch zur Anwendung dieser und damit einhergehenden Bedeutungszuweisung des Fachinhalts entspricht seiner Funktion in der didaktischen Konzeption selbst.

In der vierten und letzten Phase finden sich nicht nur hinsichtlich der Benennung Abweichungen vom didaktischen Konzept, wobei der Begriff der „Dekontextualisierung“ die Darstellungen der Interviewpartner dominiert. Die letzte Phase wird von allen Interviewten als Reaktion zur Unterstützung der Transferleistungen der Lernenden gesehen, wobei unter „Transfer“ die Anwendung der in den vorangegangenen Phasen erworbenen Fachinhalte auf neue Problemsituationen verstanden wird und als „Rekontextualisierung“ begriffliche Einordnung in eine CHiK-Einheit findet. Durch die vorwiegende Benennung der vierten Phase als „Dekontextualisierungsphase“ wird der Fokus zu transferierender Elemente auf der fachlichen Ebene deutlich. Auch die Gewichtung der einzelnen Phasen unterstreicht dies, indem der Schwerpunkt in der dritten Phase - der Erarbeitung fachlicher Inhalte - gesehen wird.

Rechtfertigung erfährt eine solche Phase der „Dekontextualisierung“ im Lernprozess durch die Lehrenden aufgrund der kontextbasierten Erarbeitung der Fachinhalte, welche als ursächlich für ein festgestelltes Transferproblem gesehen wird und die Formulierung allgemeingültiger Konzepte zur Anwendung in einer folgenden Problemstellung notwendig mache. Dem fehlenden Überblick des lernenden „Laien“ über die der Problemsituation zugrunde liegenden Fachinhalte als auch deren Vernetzung soll durch eine fachliche Struktur im Sinne der Basiskonzepte begegnet werden. Hieraus soll ein flexiblerer Umgang mit den fachimmanenten Konzepten resultieren und somit eine Steigerung der Problemlösekompetenz der Lernenden. Ein Transfer des Erlernten in eine neue Problemsituation scheint nur dann erfolgreich zu sein, wenn der Lernende das dem Kontext immanente Basiskonzept erkennt bzw. Verknüpfungen zwischen Basiskonzepten erfolgreich herstellen kann. Eine solche Abstraktion der kontextgebundenen Fachinhalte zu Basiskonzepten und deren Beziehungen stellt den Fokus der letzten Phase dar, so dass von den Interviewpartnern zwei Ebenen in einer CHiK-Einheit betont werden, neben der Kontextebene diejenige der Basiskonzepte.

Die Strukturierung erlernter Fachinhalte im Sinne der Basiskonzepte findet sich ebenfalls in den theoretischen Ausführungen zum didaktischen Ansatz wieder (s. Kapitel 1.2.2.3) und bildet zugleich den Übergang in eine neue Einheit, im dem diese als Vorwissen in eine zweite Phase einfließen und nachfolgend bezüglich des Konzept-Netzwerks Erweiterung erfahren. So wird jene Phase in der didaktischen Konzeption selbst als Phase der „Vernetzung und

Vertiefung“ bezeichnet und weist somit bereits begrifflich einen zur Darstellung der Lehrkräfte abweichenden Fokus auf. Während eine „Dekontextualisierung“ den Schwerpunkt auf die Abstraktion situativ erworbener fachlicher Konzepte vom Kontext legt, verweisen die Begriffe „Vernetzung und Vertiefung“ auf das individuelle Konzept-Netzwerk des Lernenden, welches im Transfer zu neuen Problemkontexten Erweiterung erfährt.

Eine solche Rekontextualisierung kommt offensichtlich im unterrichtlichen Geschehen zu kurz. Es wird deutlich, dass eine neue Problemstellung in jener vierten Phase bei der überwiegenden Mehrzahl der Interviewten keine Rekontextualisierung im Sinne eines echten neuen Kontextes darstellt, sondern zurückführt auf wohl umrissene Problemstellungen, die analoge Basiskonzepte ggf. sogar eine entsprechende Struktur des ursprünglich entwickelten Konzept-Netzwerks des vorangegangenen Kontextes einfordern und lediglich in der Oberflächenstruktur variieren. Kriterien zur Gestaltung dieser werden allerdings nicht konkret formuliert. Der in der Einheit selbst immanente und umfangreiche Erkenntnis- bzw. Problemlöseprozess wird in diesen Fragestellungen größtenteils vernachlässigt und die erfolgreiche Transferleistung basiert auf dem Erkennen von Analogien in der Tiefenstruktur auf der Grundlage der Basiskonzepte. Die Ebenen der Fachwissenschaft selbst als transferunterstützende Elemente bleiben dabei weitestgehend unberücksichtigt. Ein erneuter Eintritt in einen Problemkontext würde dabei neben der Anwendung fachimmanenter Konzepte bzw. der Aktivierung des Konzept-Netzwerks des Lernenden die Weiterentwicklung von Problemlösestrategien fordern, welche durch Erkennen struktureller Ähnlichkeiten gemeinsam einen erfolgreichen Transferprozess bedingen. Voraussetzung hierfür wäre aber die Reflektion des individuellen Erkenntnis- bzw. Problemlöseprozesses, welcher lediglich von einem Interviewpartner angedeutet wurde.

Ein Transfer des Erlernten in eine neue Problemsituation scheint nur dann erfolgreich zu sein, wenn der Lernende das dem Kontext immanente Basiskonzept erkennt bzw. Verknüpfungen zwischen Basiskonzepten erfolgreich herstellen kann. Eine solche Abstraktion der kontextgebundenen Fachinhalte zu Basiskonzepten und deren Beziehungen stellt den Fokus der letzten Phase dar, so dass von den Interviewpartnern zwei Ebenen in einer CHiK-Einheit betont werden, neben der Kontextebene diejenige der Basiskonzepte.

Fraglich bleibt die methodische Ausgestaltung jener letzten Phase hinsichtlich der Rolle der Lernenden in diesem zentralen Prozess der Abstraktion und Vernetzung der zuvor erarbeiteten Fachinhalte. Die zuvor in jeder Phase betonte Aktivität und Selbstständigkeit des Lernenden in ihrem Lernprozess ganz im Sinne der Motivationstheorie von Deci und Ryan

scheint hier durch eine größere Lehrerdominanz ersetzt, wie es auch in der Konzeption dieses Ansatzes vorgesehen ist (s. Kapitel 1.2.2.3). Der methodische Bruch bedingt auch eine kritische Sichtweise auf die zentralen Aussagen des lehr-lerntheoretischen Konstruktivismus, welche als Grundlage des kontextbasierten Ansatzes formuliert wurden, und stellt sich insofern dar, als dass erarbeitete Inhalte der vorangegangenen Phase als Basiskonzepte vom „Experten“ dem Lehrenden herausgestellt werden. Die Aussagen der Lehrkräfte sprechen sich alle für eine „Sicherung“ der in der dritten Phase erarbeiteten Inhalte aus, wird doch das Problem unzureichender Transferleistungen insbesondere in der kontextbasierten Erarbeitung der fachlichen Konzepte gesehen. Die Basiskonzepte selbst werden von den Lehrenden als jene „Ankerideen“ gesehen, die bereits Ausubel und Robinson als notwendige Bedingung für nachfolgendes Lernen in neuen Problemsituationen formulierten (vgl. Kapitel 1.2.1).

Fraglich bleibt allerdings in der Darstellung jener Aspekte der vierten Phase, ob es sich bei der Formulierung lediglich um Basiskonzepte handelt, oder vielmehr fachliche Konzepte rekapituliert werden. Eine solch scharfe begriffliche Trennung kann in den Ausführungen der Lehrkräfte nicht identifiziert werden. So wird offensichtlich vielfach eine Konzeptstruktur von den Lehrenden dargelegt, die dem individuellen Konzept-Netzwerk des Lernenden keinesfalls entsprechen muss. Beispielsweise legt Interviewpartner 3 in der Darstellung der vierten Phase der Dekontextualsierung eine „Begriffstabelle“ dar, welche letztlich die zentralen Inhalte zusammenfasst. Zugrunde liegt hier offenbar die Idee omnipotenter Konzepte, bzw. einer verallgemeinerten Struktur eines Konzept-Netzwerks, welches auf neue Kontexte analog übertragen werden könnte, wobei eine Flexibilisierung dieser über die Vernetzung mit anderen Kontexten angestrebt wird.

Die Bedeutung der Basiskonzepte als „Ankerideen“ und somit Hilfestellung zum Erkennen struktureller Ähnlichkeiten zwischen Problemstellungen im Sinne des „Analogiebegründeten Transfers“ (Kapitel 1.2.1) scheint somit in seiner unterrichtlichen Konsequenz nicht vollständig umgesetzt. Vielmehr rekapitulieren einige der interviewten Lehrkräfte in jener letzten Phase auf der Konzeptebene, die aber doch im Sinne des Konstruktivismus keine omnipotente Struktur zulassen kann und darf. So kann auf der Konzept-Ebene keine Strukturierungshilfe geschaffen werden, vielmehr entsteht ein neues Konzept-Netzwerk neben dem individuellen des Lernenden. In einer neuen Problemstellung muss das vermeintlich dekontextualisierte Wissen in seiner Struktur „starr“ erscheinen, da eine Problemlösung eines flexiblen Konzept-Netzwerks bedarf, welches seinerseits Strukturierungshilfen benötigt.

Inwiefern diese „Ankerideen“ in einer stark lehrerzentrierten Phase präsentiert werden müssen bzw. vom Lernenden selbst identifiziert werden können durch eine geeignete Abfolge

von Problemstellungen sollte im folgenden untersucht werden. Interviewpartner 5 betont in diesem Zusammenhang, dass von Basiskonzepten erst dann gesprochen werden könne, wenn jene Konzepte in neuen Kontexten erneute Anwendung erfahren. Interviewpartner 3 unterstreicht dabei im Rahmen einer von allen sieben Interviewten skizzierten Rekontextualisierung, dass eine verbesserte Flexibilisierung des Konzept-Netzwerks vorliegt, je öfter eine Anwendung in neuen Kontexten erfolgen würde, wie es u. a. auch Gagné einfordert (Kapitel 1.2.1), wobei ebendies in einer fehlenden Übung zur Transferleistung auch von 4 erkannt wird und als kritisch in diesem Zusammenhang die Abstimmung der Kontexte aufeinander angesprochen wird. Interviewpartner 7 spricht hierzu auch das Erkennen von Analogien als zentralen Punkt zur Transferleistung an und greift dabei die Theorie des „Analogiebegründeten Transfers“ auf. Kritisch anzumerken ist allerdings, dass jene letzte, vor dem Hintergrund der Förderung von Transferleistungen des Lernenden so bedeutende Phase nur einen vergleichsweise geringen Anteil an der Gesamtunterrichtseinheit einnimmt – im Mittel ein Drittel. Transferprozesse bzw. deren Förderung im Rahmen einer CHiK-Einheit scheinen im unterrichtlichen Prozess von der Konzept-Ebene, der Erarbeitung der fachlichen Inhalte, zurückgedrängt zu werden, so dass eine geforderte unterrichtliche „Transferkultur“ (Kapitel 1.2.1) kaum Betonung findet. Durch eine gezielte Abstimmung der folgenden Kontexte könnte dies umgangen werden und eine Flexibilsierung des Konzept-Netzwerks des Lernenden als Voraussetzung erfolgreicher Transferprozesse entsprechend Vanderbilts Aussage geleistet werden (Kapitel 1.2.1).

Abschließend kann festgehalten werden, dass die interviewten Lehrkräfte eine Phase der Dekontextualisierung situiert erworbener Fachinhalte für unbedingt notwendig halten basierend auf den argumentativen Ebenen einer Einheit bestehend aus Kontext und Konzept. Zur Beurteilung der Fragestellung, inwiefern eine solche Phase die Transferleistungen der Lernenden in einem neuen Kontext fördert, muss die Gestaltung dieser Phase, insbesondere die Differenzierung zwischen Konzept und Basiskonzept genauer betrachtet werden. So wurde bereits zuvor auf den Widerspruch am Ende einer CHiK-Einheit hingewiesen, in der die zuvor individuell erarbeiteten Konzepte (s. hierzu die Ausführungen zum kognitiv-konstruktivistischen Modell des Lernens in Kapitel 1.1.3) als omnipotentes Konzept-Netzwerk den Lernenden vom Lehrenden primär präsentiert werden. Dies entspricht keineswegs den Grundlagen kontextbasierter Unterrichtseinheiten im Sinne der Aussagen des lehr-lerntheoretischen Konstruktivismus, es verneint ebenso die Notwendigkeit einer Flexibilität des erworbenen Konzept-Netzwerks hinsichtlich erfolgreicher Transferprozesse im Rahmen neuer Problemstellungen. Eine solche Phase wirft zudem die Frage bezüglich der Existenz von

Konzepten ohne kontextuelle Einbettung auf und damit der Akzeptanz des situierten Lernens als eine Rechtfertigung der kontextuellen Ausrichtung der Problemsituation und basiert letztlich auf einer fehlenden Differenzierung zwischen fachlichen Konzepten und dem Begriff des Basiskonzepts.

Eine wohldefinierte Unterscheidung zwischen Basiskonzept und Konzepten, letztere vorwiegend in der dritten Phase vom Lernenden konstruiert, drängt sich vor dem Hintergrund dieser Inkohärenz im dargelegten Lernprozess einer CHiK-Einheit durch die Interviewten auf. Während in der didaktischen Konzeption selbst die Abstraktion zu strukturierenden Basiskonzepten und ein erneuter Übergang in einen neuen Kontext angesprochen wurde, wird in den Interviews mit erfahrenen CHiK-Lehrkräften teilweise eine unterrichtliche Praxis deutlich, die ebenfalls am Rande von Parchmann als eine mögliche methodische Gestaltung jener Phase angesprochen wurde, jedoch im Gegensatz zur theoretischen Ausarbeitung der Konzeption selbst steht: eine Zusammenstellung zuvor erarbeiteter Fachinhalte durch die Lehrperson. Dass eine solche Ausgestaltung der letzten Phase vor den zugrunde liegenden Lehr-Lerntheorien als auch bezüglich eines transferunterstützenden Potentials fraglich erscheint, wurde bereits deutlich herausgestellt. Zu unterscheiden bleibt zwischen dem individuellen Konzept-Netzwerk des Lernenden, welches primär durch diesen in der dritten Phase der Unterrichtskonzeption erarbeitet wird und den fachlichen Inhalt repräsentiert und dem Basiskonzept bzw. den Basiskonzepten als übergeordnete Strukturelemente, welche als „Ankerideen“ Wiedererkennungsmerkmale in neuen Problemstellungen sein können, Analogieschlüsse zu lassen und somit erfolgreiche Transferprozesse unterstützen (s. hierzu die Darstellungen zu Transfer- und Problemlöseprozessen in Kapitel 1.2.1).

Als Forderungen für die Konzeption der hinsichtlich ihres transferfördernden Potentials zu evaluierenden Unterrichtseinheiten (Kapitel 3) ergeben sich aus den vorangegangenen theoretischen Betrachtungen:

- Kontextbasierung der fachlichen Inhalte im Rahmen authentischer, lebensweltlicher Problemstellungen („Nähe“ von Lern- und Anwendungssituation, um erfolgreichen Transfer zu forcieren)
- Berücksichtigung des Verständnisses des Lernprozesses als individuelle Konstruktion durch Artikulation des Konzept-Netzwerks des Lernenden und stete, methodisch eingeforderte Reflektion des eigenen Erkenntnisprozesses
- ein flexibles, auf neue Problemstellungen übertragbares und erweiterungsfähiges Konzept-Netzwerk soll ebenso wie allgemeine Problemlösestrategien als Grundlage erfolgreicher Transferprozesse durch wiederholte, hinsichtlich ihrer Komplexität und

Offenheit variierender Kontexte entwickelt werden, indem Analogien zwischen den Problemstellungen herausgestellt werden

- Verständnis des Begriffs „Dekontextualisierung“ als Abstraktion des Wissens aus der Lern- bzw. Anwendungssituation im Sinne der Basiskonzepte heraus, wobei eine Phase der Dekontextualisierung zwar von der Wissensgemeinschaft geteilte (Basis-)Konzepte zu artikulieren vermag, der Prozess selbst jedoch im Sinne „Analogiebegründeten Transfers“ vom Lernenden durch Reflektion seines eigenen Lernwegs selbstständig geleistet werden kann und somit neben fachlichen Konzepten auch Heurismen abstrahiert werden
- nachfolgend wird die der Theorie entlehnte Annahme zugrunde gelegt, dass strukturiertes Wissen im Sinne eines individuellen Konzept-Netzwerks Transferprozesse bedingt und durch diese (weiter-)entwickelt wird, wobei grundlegenden Konzepten (beispielsweise den Basiskonzepten im Rahmen von CHiK) als „Ordnungshilfen“ eine zentrale Bedeutung zukommt
- intrinsische Motivation des Lernenden als Voraussetzung erfolgreicher Lernprozesse wird durch Betonung von Selbstbestimmung und Autonomie, Kompetenz oder Wirksamkeit und soziale Eingebundenheit gefördert und im Rahmen der Fallstudien durch authentische, lebensweltliche Kontexte in methodischer Vielfalt berücksichtigt

Die Basiskonzepte bilden die Brücke zwischen dem scheinbaren Widerspruch der Aussagen des lehr-lerntheoretischen Konstruktivismus und der Annahme einer Phase der Dekontextualisierung zur Unterstützung von Transferprozessen durch den Lernenden. Wird unter jener Phase eine Präsentation eines omnipotenten Konzept-Netzwerks gesehen, so muss diese verneint werden. Zeigt diese Phase in ihrer Ausgestaltung aber vielmehr die Ordnung und Strukturierung des individuellen Konzept-Netzwerks durch „Ankerideen“, so sind ebendiese Basiskonzepte für einen erfolgreichen Transferprozess unverzichtbar und stellen sich zudem als Notwendigkeit in einer Wissensgemeinschaft dar. Inwiefern diese „Ankerideen“ bzw. die dem Lerninhalt zugrunde liegenden Basiskonzepte in einer stark lehrerzentrierten Phase ausgearbeitet werden müssen oder aber vom Lernenden selbst durch eine geeignete Abfolge von Problemstellungen identifiziert werden können sollte im folgenden untersucht werden. Die konkrete unterrichtliche Ausgestaltung dieser letzten Phase ist somit vor dem Hintergrund transferfördernder Prozesse entscheidend, so sollte es sich hierbei wirklich nur um Strukturierungshilfen, nicht um eine erneute Rekapitulation des Fachinhalts und somit einer Abkehr vom individuellen Konzept-Netzwerk des Lernenden handeln. Jene Basiskonzepte ermöglichen es dann den Lernenden Analogien zwischen Problemstellungen zu erkennen

und das individuelle Konzept-Netzwerk flexibel zu transferieren, wobei sich jene Flexibilität nur aus der Vielzahl der variierenden Kontexte ergeben kann. Die letzte Forderung zur Gestaltung der hinsichtlich ihres transferfördernden Potentials zu entwickelnden und zu evaluierenden Unterrichtseinheiten sollte insofern Erweiterung erfahren, als dass eine Phase der Dekontextualisierung entsprechend der Wortwahl vor dem Hintergrund der Situierung von Wissen und Lernen verneint werden muss - insbesondere in ihrer Ausgestaltung als Rekapitulation des zuvor erarbeiteten Fachinhalts. Es sollte vielmehr

- eine Phase der Dekontextualisierung durch eine wohl definierte Abfolge von kontextbasierten Problemstellungen ersetzt werden, die durch die Erkenntnis von Analogien die Strukturierung des fachlichen Inhalts im Sinne der Basiskonzepte durch den Lernenden selbst ermöglichen.

Hierzu sind entsprechend des Alters des Lernenden Methoden zur Reflektion des eigenen Problemlöse- und Erkenntnisprozesses unabdingbar. Jene letzte Forderung für die Fallstudien in Kapitel drei leitet sich auch aus den Ausführungen zum didaktischen Ansatz von „Mathematik im Kontext“ ab, so dass in nachfolgenden Untersuchungen zu klären sein wird, ob auf eine Phase der „Dekontextualisierung“ zugunsten ebenjener „Transferkultur“ verzichtet werden könne. Im Sinne eines von CHiK angedachten zyklischen Designs sollte also sogleich in einen neuen Kontext übergegangen werden, welcher durch das Erkennen von Analogien dem Lernenden eigenständig das Formulieren grundlegender Konzepte ermöglicht und zur Flexibilisierung des individuellen Konzept-Netzwerks führt.

Letztgenannte Forderung für die Konzeption der Fallstudien leitet sich auch aus den Aussagen der Untersuchung des didaktischen Ansatzes von PLON ab. Als Reaktion auf die festgestellten unbefriedigenden Ergebnisse bezüglich der Transferleistungen der Lernenden wurden sogenannte „systematic units“ entwickelt, welche als Reaktion der beobachteten Defizite zugleich als Ansatz zur Unterstützung erfolgreicher Transferprozesse des Lernenden verstanden werden können. Die darin zu findende stärkere Fokussierung auf Verknüpfungen zwischen den Konzepten, strukturierende Elemente und Problemlösestrategien, basieren auf einer Abfolge von Kontexten, wodurch wiederum wesentliche Elemente aus der Transferforschung unterrichtliche Umsetzung erfahren.

PLON unterstreicht, dass kontextunabhängig dargelegte Konzepte, wie sie von den Lehrkräften in der Interviewstudie herausgestellt wurden, keineswegs ausreichend für erfolgreiche Transferleistungen des lernenden „Laien“ sind. In Übereinstimmung mit den zentralen Aussagen der Transferforschung sind hierzu zudem motivationale Aspekte, als auch besonders Problemlösestrategien entscheidend. Da insbesondere letztere nicht dekontextualisiert

dargelegt werden können, ist eine definierte Abfolge von Kontexten zur Anwendung des Erlernten entscheidend.

Die methodische Ausgestaltung ist hierbei von zentraler Bedeutung, so bezüglich möglicher Kriterien zur Gestaltung der Kontexte, als auch hinsichtlich unterstützender Elemente für den Lernenden zur Reflektion des eigenen Lern- und Erkenntnisprozesses. Auch die Berücksichtigung der Argumentationsebenen der Fachwissenschaft als Hilfestellung in einem Transferprozess, sowie die unterschiedlichen Aspekte des zu leistenden Transfers sollten stets definiert werden. Ebenjene Forderungen finden sich in der didaktischen Konzeption von MIC umgesetzt (s. Ausführungen in Kapitel 1.2.2.1).

Erfolgreiche Transferleistungen basieren auf einem zusammenhängenden und kohärenten Konzept-Netzwerk der Fachdisziplin, einem flexiblen Repertoire an Lern- und Problemlösestrategien und der Motivation des Lernenden (s. Aussagen in Kapitel 1.2.1). Neben unterrichtlicher Zeit Transfer zu üben, muss somit für die Fallstudien die Betonung problemlösenden Denkens und erfolgreicher allgemeiner Strategien zur Problemlösung gefordert werden.

3 Fallstudien – Didaktische Ansätze zur Umsetzung eines transferunterstützenden, kontextbasierten Unterrichts

Das folgende Kapitel drei gliedert sich in drei Unterkapitel, welche exemplarische Unterrichtserprobungen zur Förderung der Transferleistungen der Lernenden in variierenden Jahrgangsstufen als auch Fachdisziplinen beinhalten. Abgeleitet aus den theoretischen Erkenntnissen und vertieften Betrachtungen zu unterschiedlichen kontextbasierten Unterrichtskonzeptionen, als auch der vorangegangenen Interviewstudie mit CHiK-Lehrkräften, werden Einheiten geplant und unterrichtlich erprobt. Zielsetzung der nachfolgend dargelegten Fallstudien ist somit die Umsetzung jener zuvor geschilderten Forderungen, um zu beurteilen, inwiefern diese Aspekte die Transferkompetenz der Lernenden positiv beeinflussen, sowie u. a. zur Beantwortung der Fragestellung:

Können die Basiskonzepte durch Analogieschluss über eine wohldefinierte Abfolge von kontextbasierten Problemstellungen durch den Lernenden selbstständig identifiziert werden und kann somit auf eine Phase der Dekontextualisierung verzichtet werden?

Für Gagné, welcher eine Phase der Dekontextualisierung vollkommen ablehnt (Kapitel 1.2.1), ergibt sich zur Förderung der Transferkompetenz die Forderung nach einer möglichst großen Vielzahl an Problemkontexten, in denen das Erlernte Anwendung erfahren kann. Dieser Ansatz soll im Rahmen der Fallstudien in unterschiedlichen unterrichtlichen Strukturen erprobt werden, um beurteilen zu können, inwieweit auch schulisches Lernen auf eine Dekontextualisierung der kontextbasierten Fachinhalte zugunsten der eigenständigen Erkenntnis allgemeiner Konzepte aufgrund „Analogiebegründeten Transfers“ verzichten kann. Inwiefern dies durch eine den eigenen Lern- und Erkenntnisprozess reflektierende Methodik unterstützt, als auch das Erkennen von Analogien durch narrative Anker forciert werden kann, bleibt in den Fallstudien abhängig von der Fachdisziplin als auch des Alters der Lernenden zu evaluieren.

Bezüglich der Varianz involvierter Klassenstufen im Rahmen der Fallstudien bleibt fraglich, inwieweit eine Reflektion der fachlichen Ebene im Sinne einer Konzeptstruktur sowie hinsichtlich kontextbasiert angewandter Problemlösestrategien selbstständig erfolgen kann bzw. geeigneter Methodik bedarf. Eine solche Methodik gilt es kritisch vor dem Hintergrund der limitierten Aussagekraft vorliegender Fallstudien aufgrund ihres Umfangs zu beurteilen. Darüber hinaus wird die konkrete Formulierung von Argumentations- bzw. Abstraktionsebenen der jeweiligen Fachwissenschaft als transferunterstützendes Element antizipiert, wobei zu evaluieren sein wird, inwiefern sich diese im Konzept-Netzwerk des Lernenden und somit im Transferprozess des „Laien“ wiederfinden. Abschließend sollten Kriterien für jene

definierte Abfolge von Kontexten identifiziert werden können, die „Analogiebegründeten Transfer“ forcieren.

Bedingt durch die angesprochene Varianz der Fallstudien kann allerdings ein allgemeines Vorgehen nicht dargestellt werden. Die zunächst dargelegte unterrichtliche Betrachtung im Sinne des „Mathematik im Kontext“-Ansatzes verknüpft mit der Methodik des "storytellings“ soll zunächst jene angestrebte wohldefinierte Kontextabfolge darstellen und erste Ergebnisse hinsichtlich eines transferfördernden Einflusses aufgreifen. Anschließend folgen zwei Fallstudien zu chemischen Fachinhalten, welche ebenjene geforderten Aspekte zur Konzeption der Fallstudien in variierenden Jahrgangsstufen untersuchen. Die Evaluation der Unterrichtseinheiten hinsichtlich ihres transferfördernden Potentials erfolgt primär durch die Analyse von Vor- und Nachtests, welche in Bezug zur jeweiligen Einheit explizit beleuchtet werden. Die individuelle Konzeptentwicklung der Lernenden sollte teilweise durch Lerntagebücher nachvollzogen werden, wobei die methodische Umsetzung, so u. a. das Erstellen eines Mind Maps, zuvor in anderen unterrichtlichen Zusammenhängen eingeübt wurde. In der Erprobung des Ansatzes von „ProChem“ schien ein solcher Anspruch aufgrund der gewählten Klassenstufe aber auch hinsichtlich des zeitlichen Rahmens der Erprobung nicht umsetzbar.

Eine Mind Map lässt Rückschlüsse zu, inwiefern der Lernende eigenständig Zusammenhänge zwischen einzelnen fachlichen Inhalten erkennen kann und somit selbst eine Strukturierung vorzunehmen vermag oder ob hierzu eine unterrichtliche Phase dominiert durch die Lehrperson notwendig ist (s. hierzu auch die methodischen Ausführungen und Begründungen der Lehrkräfte im Rahmen einer Phase der Dekontextualsierung im Zusammenhang mit der Konzeption CHiK in Kapitel 2). Aus diesem Grund wurden in zwei der Erprobungen auch „Spickzettel“ von den Lernenden eingefordert, um ihre Fähigkeit beurteilen zu können, zentrale fachliche Konzepte des Unterrichts zu extrahieren. Diese Methodik war nicht bezüglich der „ProChem“- Evaluierung möglich. Die ebenfalls eingeforderten offenen Rückmeldungen wurden ebenso auf die ältere Schülergruppe beschränkt, da diese die Formulierung konstruktiver Kritik bereits kennen und häufig anwenden. Jene Rückmeldungen werden vor allem Rückschlüsse auf die motivationalen Bedingungen des Lernens zulassen.

Die sich aus der Evaluation der Einheiten ergebenen Konsequenzen müssten in einer weiteren Erprobungsphase berücksichtigt werden, welche aber im Rahmen dieser Arbeit nicht durchgeführt werden konnte und damit einen Ausblick darstellt.

Das folgende Kapitel beginnt zunächst mit einem „Blick über den Tellerrand“ hinsichtlich des didaktischen Ansatzes „Mathematik im Kontext“. Basierend auf der Theorie des „Analogiebegründeten Transfers“ soll eine definierte Kontextabfolge die Transferkompetenz der Lernenden forcieren. Nachdem in Kapitel 1.2.2.1 bereits eine Einheit für die Grundschule zum vertieften Verständnis des Ansatzes hinsichtlich seiner didaktischen Struktur betrachtet wurde, liegt der Fokus der Ausführungen in diesem Kapitel auf der methodisch/didaktischen Darstellung einer Einheit für die Sekundarstufe I. Die hierbei erworbenen Erfahrungen wurden in der Begleitung der Examensarbeit von I. Farin (Farin 2010) und der darin dargestellten Konzeption und Evaluation einer Unterrichtseinheit zum Thema „Kreise und Winkel“ in einer fünften Jahrgangsstufe eingebracht, deren Ergebnisse ebenfalls dargelegt werden. Farin unterstreicht dabei in der Anlage der Einheit explizit die unterschiedlichen Abstraktionsniveaus und den jeweiligen Transferanspruch, wobei sich die Kontextabfolge selbst im Rahmen des storytelling-Ansatzes findet.

Die Erkenntnisse aus jenen Betrachtungen finden im nachfolgenden Kapitel Berücksichtigung im Rahmen des ebenfalls konzipierten Unterrichtsansatzes „ProChem“ zur Förderung naturwissenschaftlicher Grundbildung im Kindergarten- und Grundschulalter. Die Konzeption zeigt zentrale Parallelen zum vorangegangen MIC-Ansatz auf, so zum einen in der Abstufung der Problemsituationen bezüglich nahen und fernen Transfers (s. hierzu ebenfalls die Ausführungen in Kapitel 1.2.1), als auch die kontextuelle Einbettung der Situationen selbst in eine Geschichte. Wie bereits zuvor angedeutet, erfolgte aufgrund der Altersgruppe der Lernenden, als auch schulinterner zeitlicher Erwägungen, die Evaluation nur durch den Einsatz von Vor- und Nachtests.

Letztlich führen die Ergebnisse aus diesem Ansatz sowie aus Erfahrungen im Bereich der Mathematik zur Entwicklung eines Unterrichtsansatzes in Anlehnung an CHiK für die Sekundarstufe I. Die konzipierte Einheit sieht eine Fülle kontextgebundener Problemstellungen vor, in denen der Fachinhalt Erarbeitung findet und zugleich wiederholt transferiert werden muss und greift damit zentrale Forderungen insbesondere der Interviewstudie (Kapitel 2) auf. Dies entspricht der Konzeption von MIC im Sinne einer Übertragung auf chemische Fachinhalte. Divergierend zu den vorangegangenen Ansätzen findet sich in dieser Einheit zwar eine immanente Einforderung von Transferleistungen der Lernenden in vielfältigen Problemsituationen wie zuvor erprobt, doch sind diese keineswegs eingebettet in einen storytelling-Ansatz, wohl aber zeigt sich ein übergeordneter thematischer Zusammenhang. Die abschließende Evaluation der Einheit vor dem Hintergrund der zentralen Forschungsfrage

soll in einem Ausblick im Sinne nachfolgender unterrichtlicher Erprobungen enden und die Diskussion eröffnen.

Tabelle 8: Skizze der zwei Fallstudien aus dem Bereich der Naturwissensschhaften bezüglich konzeptioneller Aspekte und Grundlagen der Evaluation

ProChem, 2./3. Klasse	CHiK, 8. Klasse
eine zusammenhängende Geschichte; Varianz der Aufgaben in Transferdistanz, teilweise auch im Abstraktionsgrad (Argumentation neben stofflicher Ebene (phänomenbezogener Ebene) auch erste Betrachtungen auf Teilchenebene)	Abfolge differierender Kontexte (keine zusammenhängende Geschichte); Varianz der Aufgaben in Transferdistanz
Vortest (Aussagen zum primär lebensweltlich geprägten Vorwissen der Lernenden)	
UE wird nicht evaluativ begleitet[66]	Begleitung der UE durch Lerntagebücher, Mind Maps, „Spickzettel“, „Comics“, eigene Entwicklung von Versuchsaufbauten sowie Rückmeldungen der Lernenden am Ende einiger Doppelstunden
abschließende Beurteilung der Entwicklung der Lernenden (Problemlösekompetenz/Transfervermögen) durch einen Nachtest; Aussagen zur Entwicklung des primär lebensweltlich geprägten Konzeptverständnisses	abschließende Beurteilung der Kompetenz der Lernenden (Problemlösekompetenz/Transfervermögen) durch einen Nachtest

3.1 „Mathematik im Kontext“ zur Förderung der Transferfähigkeit

“[M]athematics started by solving problems and then developing the theory behind, […] the students are going through the same phases as history of mathematics show.”

(s. Interview mit Dekker Mai 2008, zweiter Teil, S. 4, Z. 4)

Die vorliegende exemplarische Einheit „Representations: Graphs“ (aus: „Representations Graphs“ Trial Version) zeigt die in der folgenden Abbildung konkretisierten fachlichen Inhalte und Abstraktionsniveaus auf und ihre Beziehungen untereinander. In einer spezifischen Situation stehen den Lernenden variierende fachliche Konzepte zur Problemlösung zur Verfügung: eine Tabelle, ein Graph oder gar eine Funktionsgleichung. Diese stellen nicht nur unterschiedliche Abstraktionsstufen des fachlichen Inhalts dar, sie sind zudem zunächst an

[66] Die Lerngruppe war mit einer entsprechenden Methodik (s. Erprobung CHiK) nicht vertraut. Eine Einführung dieser hätte den zeitlichen Rahmen der Erprobung überstiegen.

die konkrete Problemsituation gebunden. Erst durch wiederholte Anwendung in nachfolgenden Kontexten gelingt die Entwicklung zu einem „model for“ als mathematisches Konzept, welches somit flexibel auf neue Problemstellungen angewandt werden kann. Dahinter steht das Erkennen von Analogien in neuen Aufgabenkontexten, wie es bereits in Kapitel 1.2.1 als unterstützender Faktor um Transfer zu leisten ausgeführt wurde („Analogiebegründeter Transfer“).

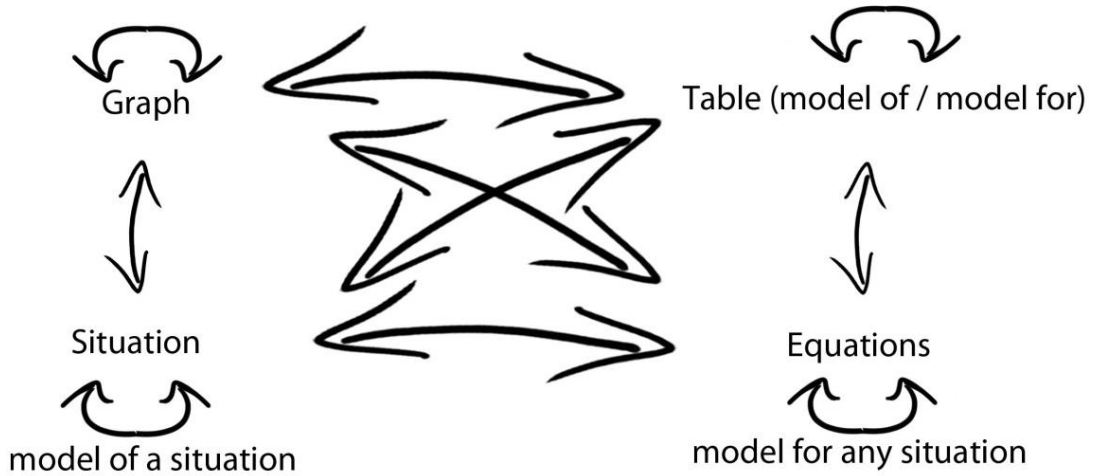


Abbildung 16: Varianz fachlicher Konzepte zur Problemlösung im Rahmen der MIC-Einheit „Representations:Graphs”

Das vorliegende Material wurde in einer siebten Gymnasialklasse mit der Intention eingesetzt die didaktische Struktur auch in der Sekundarstufe zu erproben sowie geeignete Evaluationsmethoden vor dem Hintergrund der Forschungsfrage und auf der Grundlage der didaktischen Konzeption zu bestimmen.

Der Einstieg in die Unterrichtseinheit begann mit exemplarischen Bezügen von Graphen in der Lebenswelt der SchülerInnen, wodurch die Bedeutung des nachfolgenden mathematischen Inhalts unterstrichen wurde (s. hierzu Ausführungen zu Motivationsbedingungen in Kapitel 1.1.2). Auffällig ist an dieser Stelle, dass keine Beschränkung auf die sich anschließende Behandlung linearer Graphen erfolgt zugunsten einer betonten Authentizität (s. Interview mit Dekker Mai 2008, zweiter Teil, S. 1, Z. 9): *„So you have to know a lot about graphs first, and about graphing and about reading graphs, drawing graphs before you can even go to linear graphs.“* Dies implementiert zugleich die Betonung unterschiedlicher Ebenen der Beschreibung zugrunde liegender Funktionen: der Graph selbst, die Wertetabelle aber auch die beschreibende Darstellung ebensolcher Zusammenhänge.

Ein Blick in gängige Schulbücher zeigt einen ebenfalls lebensweltlich orientierten Einstieg, der jedoch die Authentizität zugunsten einer Fokussierung auf lineare Funktionen und somit auf einen Sonderfall, einbüsst. Es sei jedoch angemerkt, dass bereits an dieser Stelle die drei primären Darstellungsformen funktionaler Zusammenhänge aufgezeigt werden und in den unmittelbar nachfolgenden Kapiteln auch nicht-lineare Zusammenhänge betrachtet werden.

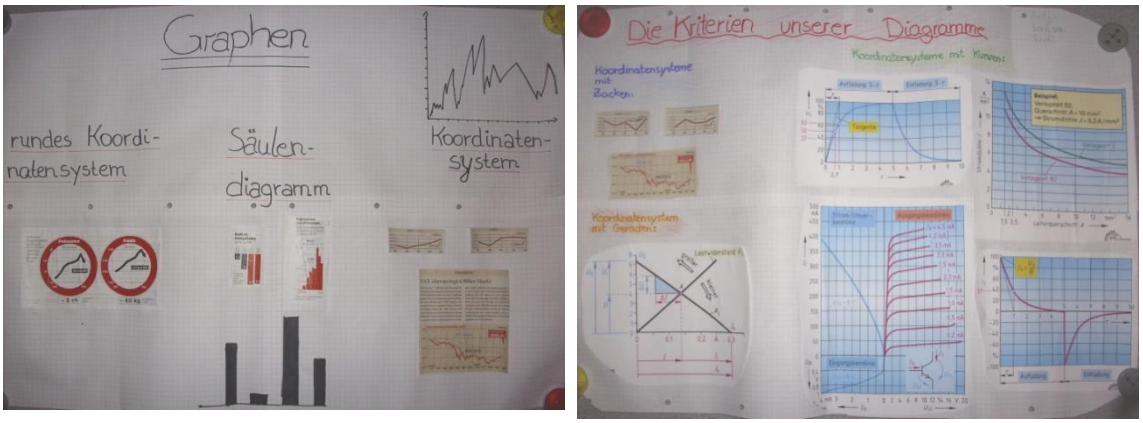


Abbildung 17: Beispielhafte Plakatpräsentationen der Lernenden zum Einstieg in die Unterrichtsreihe, in denen sie Graphen in ihrer Lebenswelt aufzeigen und versuchen erste Ordnungsprinzipien zu erkennen.

Die stetig neuen Kontexte bzw. Problemsituationen des kontextbasierten Ansatzes fordern vielfältige "models of" ein. Durch Vergleich dieser können ihre Charakteristiken herausgearbeitet werden, so dass der Erkenntnisprozess letztlich auf der Ebene der „models for" enden kann, aber nicht zwingend zur erfolgreichen Lösung des Problems enden muss, wodurch eine Binnendifferenzierung gegeben ist. Unterrichtliche Beobachtungen an englischen Schulen zeigten, dass die hier immanenten Übergänge von den Lernenden vielfach konkret-handelnd entsprechend den durch den Kontext offerierten Möglichkeiten geleistet werden. Hier findet sich der Kontext als „Brücke" zwischen dem Konzept-Netzwerk des Lehrenden und dem individuellen Netzwerk des Lernenden wieder.

Die erprobte Einheit nutzte die Materialien aus (Holt, Rinehardt & Winston 2003) ebenso wie amerikanische und englische Materialien. An dieser Stelle geht es nicht um eine Darstellung der Einheit in Gänze, da dies nicht der oben ausführlichen dargelegten Intention der Durchführung entspricht, vielmehr sollen an dieser Stelle zentrale Gelenkstellen des Unterrichts nach MIC sowie Übergänge besonders beleuchtet werden, um diese dann analog in nachfolgend zu konzipierende Einheiten naturwissenschaftlichen Inhalts zu übetragen.

Neben dem bereits zuvor dargelegten Einstieg in die Unterrichtsreihe wurden zudem zwei Langzeitaufgaben von den Lernenden – wählbar nach individuellem Interesse - in Gruppen bearbeitet, welche neben einem fachübergreifenden Ansatz zu den Inhalten des Faches Biologie („Sonnenblumen") auch regionale ökonomische bzw. ökologische Fragestellungen

aufwarfen („Oil Desaster“ aus: Holt, Rinehardt & Winston 2003). Während in der erstgenannten Aufgabe, eingebettet in den Kontext zur Fragestellung der Ernährung der Weltbevölkerung (angelehnt an Holt, Rinehardt & Winston 2003), unterschiedliche Standortfaktoren auf das Wachstum von Pflanzen untersucht werden sollten, konnte ebenfalls konkrethandelnd die Ausbreitung von Öl auf der Wasseroberfläche als Modell für ein Tankerunglück vor der hiesigen Küste simuliert werden.

Die Form der Präsentation der Ergebnisse war den SchülerInnen freigestellt, wodurch das individuelle Vorwissen der Lernenden aufgegriffen werden konnte. Neben tabellarischen Darlegungen der untersuchten Zusammenhänge fanden sich bereits erste graphische Darstellungen, aber auch Texte, die die Versuchsbeobachtungen zusammenfassten. Prädestiniert war es nun hieran Übergänge zwischen den Darstellungsformen und somit eine verstärkte Abstraktion der Ergebnisse zu fördern. Bereits anhand dieser Kontexte wurde ein mögliches lineares Wachstum diskutiert und eine entsprechende Regressionsgerade exemplarisch approximiert.

Im darauf folgenden Kontext „The Marathon“ (aus: Holt, Rinehardt & Winston 2003) fanden die von den Lernenden gewählten „model of“ der Situation des Wachstums von Sonnenblumen (Wertetabelle, teilweise bereits auch die graphische Darstellung des funktionalen Zusammenhangs) Transfer im Hinblick auf die aktuellen kontextgebundenen Fragestellungen, indem die Erwärmung des Körpers beim Marathonlauf betrachtet werden sollte, wobei gleiches für die graphische Umsetzung der Situation unter stetem Rückbezug zum Realkontext gilt. Ein weiterer Kontext zum Preisvergleich von Handytarifen (wobei eine Vereinfachung auf lineare Funktionen durch Einschränkung fiktiver Tarife geleistet wurde) sollte die gewünschte Abstraktion der angewandten „models of“ (Wertetabelle, Graph) auf „models for“ leisten, so dass Wertetabelle und Graph als allgemeingültige mathematische Darstellungsformen verallgemeinert bzw. abstrahiert werden konnten. An dieser Stelle konnte beobachtet werden, dass die leistungsschwächeren SchülerInnen zunächst versuchten die Kosten mit Hilfe einer Tabelle bzw. eines Graphen darzustellen, während sich vor allem die Leistungsträger der Lerngruppe an einer Form analog einer Funktionsgleichung, um die Kosten auf lange Sicht berechnen zu können, versuchten.

So zeigte diese unterrichtliche Erprobung deutlich die flexible Differenzierung innerhalb der Lerngruppe auf und formulierte damit den Anspruch authentischer, hinsichtlich ihrer Lösungsstrategie offener Aufgabenstellungen bezüglich der zu konzipierenden Einheit. Um auch die leistungsschwächeren SchülerInnen zu einem solchen Niveau zu führen, wurde als weiterer Kontext „Hair and Nails“ (aus: Holt, Rinehardt & Winston 2003) eingesetzt, in dem

über die Stufen der inzwischen verallgemeinerten „models“ Wertetabelle und Graph eine erste Wortgleichung eines funktionalen Zusammenhangs entwickelt wurde.

Um auch an dieser Stelle eine Binnendifferenzierung zu ermöglichen, arbeiteten die Leistungsträger der Lerngruppe an einem Kontext „Renting a Motorcycle“, bei dem es sich um einen klassischen Tarifvergleich (hier zweier Radverleihe) handelte (aus: Holt, Rinehardt & Winston 2003).

Anhand der geschilderten Einblicke in den Verlauf der Einheit und des genutzten didaktischen Materials wird deutlich, dass in der Vielzahl eingesetzter Kontexte der zentrale Funktionsbegriff in unterschiedlichster Weise angewandt und damit in seiner Generalität von den Lernenden verstanden werden kann. Die Darstellungsformen selbst (Wertetabelle und Graph der Funktion) waren zwar jeweils an den konkreten Kontext gebunden, durch den Transfer dieser Modelle in weitere Kontexte werden diese aber zu allgemeinen mathematischen Prinzipien, wobei zugleich ihre Bedeutung unterstrichen wird. Das sicherlich höchste Abstraktionsniveau in diesem mathematischen Inhalt der Jahrgangsstufe 7 ist die Formulierung einer Funktionsgleichung und der reflektive Bezug zu Wertetabelle und Graph, wobei dies aufgrund der vorhandenen Modellstufen ohne Probleme über die Konkretisierung im Sinne einer Wortgleichung gelingen kann.

Um dieses zu belegen, wurden unterschiedlichste Evaluationsmethoden eingesetzt – auch um ein geeignetes Evaluationskonzept in seiner unterrichtlichen Praktikabilität für folgende Analysen zu betrachten. So wurde ein unterrichtsbegleitendes Lerntagebuch von den Lernenden eingefordert, welches im Sinne der in der nachfolgenden Einheit zu evaluierenden Forschungsfrage nicht nur den unterrichtlichen Verlauf durch das eingesetzte Material der jeweiligen Unterrichtsstunde nachvollziehen sollte, sondern zudem Ausführungen der Lernenden zu ihren individuellen Lernwegen beinhalten sollte. Diese hohe Anforderung sollte nicht nur das individuelle Konzept-Netzwerk des Lernenden darlegen, es sollte ebenso die didaktische Grundlage des Ansatzes belegen, dass der Lernende in der Lage ist, selbstständig zentrale mathematische Inhalte aus dem Kontext zu lösen und somit einer lehrerzentrierten Phase der Dekontextualisierung nicht bedarf. Dies sollte über die eingeforderte Mind Map sowie über einen zu erstellenden „Spickzettel“ am Ende einer Einheit nachgewiesen werden.

Da die Zielsetzung an dieser Stelle nur eine qualitative Einordnung möglicher Evaluationstechniken für die nachfolgende Untersuchung im Bereich des mathematischen Unterrichts war, soll hier auch nur ein genereller Überblick über die Erfahrungen dargelegt werden. Die erstellten Mind Maps, von denen sich eins exemplarisch in nachfolgender Abbildung findet, zeigten bei fast allen Lernenden eine differenzierte Auseinandersetzung mit der Thematik,

in der Zusammenhänge zwischen einzelnen inhaltlichen Aspekten aufgezeigt werden konnten, was auf eine transparente Struktur im unterrichtlichen Geschehen hinwies. Dies gilt auch für das gesamte Lerntagebuch, welches sich als tragfähig hinsichtlich der zu evaluierenden Punkte erwies.

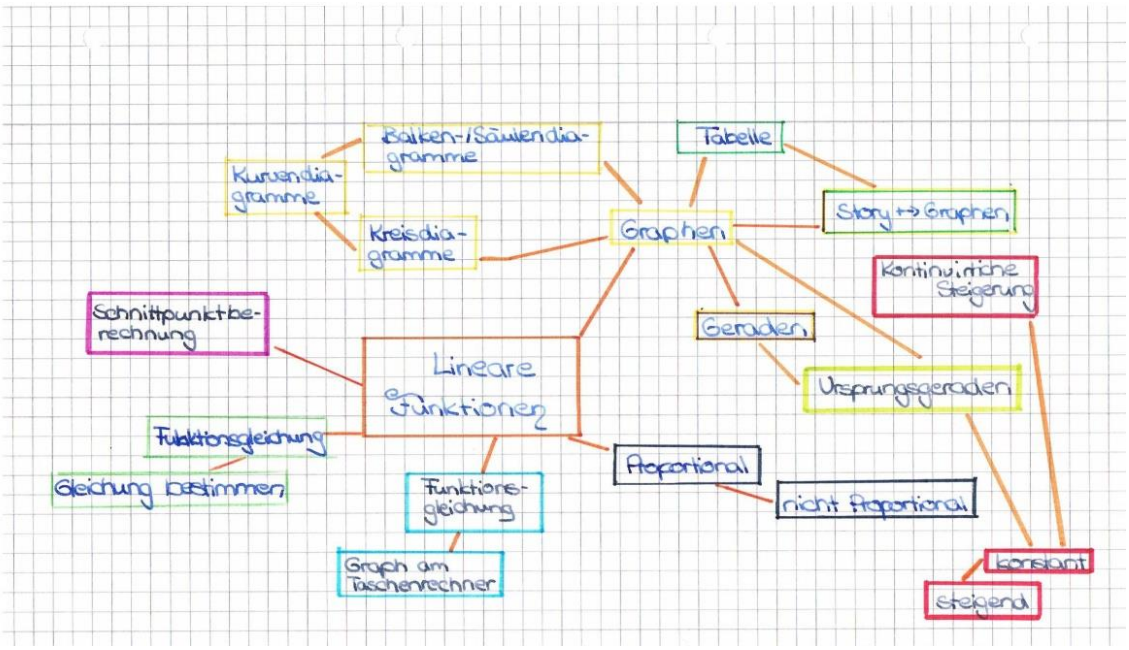


Abbildung 18: Beispiel für eine während einer MIC-Einheit erstellte Mind Map, in der durch unterschiedliche Farben zudem eine zeitliche Entwicklung des Konzept-Netzwerks nachvollziehbar ist.

Die für den Forschungsansatz entscheidende Frage, inwiefern die Lernenden durch das Erkennen von Analogien zwischen den Problemsituationen in die Lage versetzt wurden, zentrale fachliche Konzepte eigenständig vom Kontext zu lösen und als „model for“ zu definieren, konnte erfolgreich durch die eingeforderten „Spickzettel“ beantwortet werden. Ein erster Eindruck in dieser Vorstufe der Untersuchungen zeigte deutlich auf, dass SchülerInnen sehr wohl ohne eine Phase der Dekontextualisierung und somit der Hilfe des Lehrers zentrale Inhalte des Unterrichts extrahieren konnten, ohne störenden Einfluss des Kontextes. Diese Methoden zur Evaluation finden sich auch in den Ausführungen Farins (Farin 2010) wieder, deren Ergebnisse nachfolgend zusammengefasst werden sollen und das zuvor Skizzierte unterstreichen. Da allerdings eine Vergleichsgruppe in jener begleiteten unterrichtlichen Erprobung Farins nicht vorlag, sind kausale Aussagen über das Transfervermögen der Lernenden nur innerhalb der konkreten Lerngruppe anhand von Vor- und Nachtests zu beurteilen. Sehr eindeutige Ergebnisse bezüglich der positiven Auswirkungen dieses Ansatzes hinsichtlich der Tranferkompetenz der Lernenden liegen allerdings schon zahlreich vor (s. u. a. http://www.mei.org.uk; 05.02.2011, 18:45 Uhr, Realistic Mathematics Education).

In den Rückmeldungen zum Unterricht, welche in regelmäßigen Abständen eingefordert wurden, wurde klar, dass sich die Vielzahl unterschiedlicher Kontexte zwar als interessant und motivierend auf den Unterricht auswirkt, zugleich aber für die Lernenden auch eine zusätzliche Schwierigkeit darstellen. So findet sich hinsichtlich der Kontexte kein „roter Faden“, so dass der Lernende nicht nur den Transfer des fachlichen Inhalts in den neuen Kontext leisten muss, sondern vielmehr auch das stete „Hineindenken“ in völlig neue Problemstellungen. Um dieser zusätzlichen Schwierigkeit zu begegnen, soll im Design der Fallstudie „ProChem“ ein kohärenter erzählerischer Strang (storytelling) durch die Problemstellungen entwickelt werden.

„Just as mathematics arose from the mathematizing of reality, so must learning mathematics also originate in mathematizing reality."

(van den Heuvel-Panhuizen 1996, S. 12)

„[…] reality [is] *the framework to which mathematics attaches itself."*

(Freudenthal in van den Heuvel-Panhuizen 1996, S. 12)

Die begleitete unterrichtliche Erprobung von Farin nutzt die Erfahrungen, die im Rahmen obiger MIC-Einheit erlangt wurden, wobei sich die definierte Abfolge von Kontexten in der Unterrichtseinheit „Kreise und Winkel" einer fünften gymnasialen Jahrgangsstufe in einen storytelling-Ansatz eingebettet findet. Der zuvor geschilderten Schwierigkeit bzw. Herausforderung für den lernenden „Laien" im Transferprozess hinsichtlich variierender Kontexte wird somit im Sinne eines kohärenten erzählerischen Strangs begegnet und somit sind Analogien in der Oberflächenstruktur weitestgehend implementiert. Die Methode einer „Rechengeschichte"[67] ist den Lernenden darüber hinaus vertraut und bildet damit methodisch eine „Brücke" zum Unterricht des Gymnasiums. Hierbei bildet die Erzählkomponente den motivierenden Rahmen zur Auseinandersetzung mit mathematischen Fragestellungen (Schütte 1997) wohingegen klassische Textaufgaben Sachsituationen verkürzt wiedergeben und vielfach Offenheit vermissen lassen (Farin 2010).

Ein ebensolcher Ansatz findet sich auch in den sogenannten „Jasper Woodbury stories" wieder, entwickelt von der „Cognition and Technology Group" der Vanderbilt Universität (CTGV), welche ebenfalls das Erkennen von Analogien als transferfördernd hervorheben (CTGV 1990, S. 2ff.): *„[…] an explicit emphasis on analyzing similarities and differences among problem situations and on bridging new areas of apllication facilitates the degree to which spontaneous transfer occurs."* Der „anchored instruction"-Ansatz nutzt ebenfalls aufeinander bezogene Problemstellungen zur Unterstützung und Förderung der Transferfähigkeit der Lernenden (CTGV 1990, S. 2ff. sowie Mandle, Gruber & Renkl 1994, S. 233ff.): *„[…] zum ersten die selbstständige Aktivität der Lernenden und zum zweiten das Lernen an*

[67] Zur Konzeption und unterrichtlichen Gestaltung von „Rechengeschichten" s. auch (Schütte 1997) sowie (Verboom 2008).

komplexen, authentischen Problemen, die der Lernende zunächst analysieren und definieren muss, bevor er sie lösen kann."

Die unterrichtliche Erprobung Farins zeigt in der dem Ansatz immanenten Kontextbasierung fachlicher Inhalte in besonderer Weise die Berücksichtigung motivationaler Aspekte (Kapitel 1.1.2), so durch die Authentizität der Problemstellungen selbst und des die Altersgruppe ansprechenden Rahmens der Geschichte als Abenteuergeschichte, durch methodische Vielfalt und durch die Betonung der Selbsbestimmung der Lernenden (s. Kapitel 1.1.2, „Die Selbsbestimmungstheorie der Motivation" nach Deci und Ryan).

Eine Phase der Dekontextualisierung wird bewusst vermieden, stattdessen wird eine Abfolge von Kontexten angestrebt, die sowohl nahen als auch fernen Transfer berücksichtigt (Kapitel 1.2.1) als auch varrierende mathematische Abstraktionsniveaus, um ein flexibles Konzept-Netzwerk als Grundlage erfolgreichen Transfers abzuleiten zur konkreten unterrichtlichen Ausgestaltung und Umsetzung der Einheit im Rahmen der exemplarischen, heterogenen Lerngruppe (Farin 2010). Gick und Holyoak legitimieren u. a. einen solchen Ansatz, indem sie feststellen: *„Wurden mehr Ausgangsprobleme präsentiert, fand mehr Transfer statt. Die Präsentation mehrerer Probleme aus unterschiedlichen Perspektiven und die Anregung, Kohärenz zwischen den Beispielen herzustellen, stellten bedeutungsvolle Determinanten erfolgreichen Transfers dar."* (Mandle, Gruber & Renkl 1994, S. 233 ff.)

Die Intention einer expliziten Phase der Dekontextualsierung soll im Ansatz von Farin durch innermathematische Aufgaben erreicht werden, die zum einen einen neuen Transferkontext bilden, zum anderen eine Extraktion des mathematischen Konzepts aus dem Kontext und damit seiner Situiertheit ermöglichen (s. hierzu auch Ansätze in PLON, Kapitel 1.2.2.2).

Bezüglich der Einschätzung der von Farin (Farin 2010) erhaltenen Ergebnisse muss kritisch angemerkt werden, dass die Lerngruppe mit den gewählten Evaluationsmethoden des „Lerntagebuchs" und der Darstellung des eigenen Konzept-Netzwerks im Sinne eines Mind Maps nicht vertraut war und die selbstständige Reflektion des eigenen Erkenntnisweges in jener Klassenstufe einen hohen Anspruch darstellt. Trotzdem stellt Farin fest, dass die Lernenden den mathematischen Inhalt aus den entsprechenden Phasen des Unterrichts zu extrahieren vermochten und auch eine Vernetzung ansatzweise darstellen konnten, was auch die gelungene Bearbeitung innermathematischer Aufgaben im Nachtest unterstreicht, als auch die Ausführungen auf den eingeforderten „Spickzetteln". Jene „Spickzettel" wiesen eine deutliche Dominanz des fachlichen Konzepts und keinerlei Beachtung angewandter Problemlösestrategien auf. Dies zeigte sich auch in der Auswertung der Lerntagebücher, in denen den SchülerInnen die Reflektion der eigenen Lösungswege nicht gelang, obwohl dies als eine

entscheidende Säule erfolgreicher Transferprozesse - neben dem fachlichen Konzept – in Kapitel 1.2.1 aufgezeigt wurde.

Hinsichtlich der dargelegten Intention des „storytellings“ stellt Farin aufgrund unterrichtlicher Beobachtungen und eingesetzter feedback-Methoden eine gelungene Idenifikation der Lernenden im Rahmen der Geschichte fest, die zu einer gesteigerten Motivation zur Auseinandersetzung mit mathematischen Inhalten führt (Farin 2010). Nachfolgende Rückmeldungen der Lernenden unterstreichen zentrale Aspekte der Methodik (Farin 2010, S. 26): *„weil man es sich besser einprägen konnte“; „man wegen des Zusammenhangs alles verstehen konnte“; „man ein Ziel hatte“; „Mathematik einen Sinn hatte“ und „man die Sachen leichter verstanden hat“* und rechtfertigen somit den Ansatz, der nachfolgend im Rahmen der Fallstudie „ProChem“ umgesetzt werden soll.

Der Nachtest zeigt gelungene Transferleistungen der Lernenden im Bereich „nahen Transfers“ bei Erwerb einer generellen Lösungsstrategie und ebenso erfolgreiche Ergebnisse bei größerer Transferdistanz aber ähnlicher Tiefenstruktur. „Ferner Transfer“ unter Aktivierung eines komplexen Konzept-Netzwerks gelang den Lernenden dieser Klasse nicht (Farin 2010).

Abschließend kann festgestellt werden, dass der didaktische Ansatz von „Mathematik im Kontext“ offensichtlich ein tragfähiges unterrichtliches Konzept aufzeigt – selbstverständlich im Bewusstsein der limitierten Aussagekraft zuvor skizzierter unterrichtlicher Beobachtungen - um erfolgreiche Transferprozesse beim Lernenden zu unterstützen, ohne einer expliziten Phase der Dekontextualisierung zu bedürfen. Sicherlich ist hierbei aber eine weitergehende Differenzierung notwendig. Zu beachten ist offensichtlich die Transferdistanz selbst, da „ferner Transfer“ zumindest im Rahmen obiger Erprobungen nicht erfolgreich geleistet werden konnte. Zudem ist die Abfolge der Problemkontexte entscheidend, die keineswegs in der Tiefenstruktur variieren sollten. Bezüglich der veränderten Oberflächenstruktur der Kontexte zeigte sich der Ansatz des „storytellings“ mit den implizierten „narrativen Ankern“ als tragfähig, um durch „Schlüsselbegriffe“ strukturelle Ähnlichkeiten auf Ebene der fachlichen Konzepte zu suggerieren und damit das individuelle Konzept-Netzwerk des Lernenden zu aktivieren.

Der storytelling-Ansatz findet somit nicht ausschließlich aufgrund motivationaler Aspekte des Unterrichtsprozesses Begründung, sondern bietet darüber hinaus „narrative Anker“, welche den erfolgreichen Transfer in ähnliche Problemkontexte unterstützen, indem sie die Analogieerkenntnis des „Laien“ forcieren. In den Ausführungen des Kapitels 1.2.1 zum Begriff des Lerntransfers findet sich als Voraussetzung erfolgreichen Transfers die Überschneidung

von Reiz-Reaktionsverbindungen alter und neuer Problemsituation. Jene angesprochenen Verbindungen können im „Reiz“ des „narrativen Ankers“ gesehen werden, welcher auf einen vorangegangenen Problemkontext und damit auf immanente Konzepte und heuristische Strategien zur Problemlösung verweist. Vom Lernenden kann somit eine „strukturelle Beziehung“ hergestellt werden und im Sinne „nahen Transfers“ erfolgreich eine Anwendung derselben Lösungsstrategie durch Adaption des individuellen Konzept-Netzwerks geleistet werden, wie obige Ausführungen belegen (zum Verständnis des Begriffs „Konzept-Netzwerk“ s. auch Kapitel 1.1.3 zum kognitiv-konstruktivistischen Verständnis von Lehren und Lernen). Je größer die Vielzahl an Problemsituationen im Lernprozess ist, desto vielfältiger wären auch die Impulse und umso flexibler würde sich auch das individuelle Konzept-Netzwerk des Lernenden gestalten.

Aufgrund obiger Ausführungen ist in den nachfolgenden Fallstudien zu evaluieren, inwiefern auf eine explizite Phase der Dekontextualisierung verzichtet werden kann, indem eine definierte Abfolge von Kontexten eingesetzt wird und ggf. eine zusätzliche, geeignete Methodik zur Unterstützung der Reflektion des eigenen Erkenntnisweges als auch der individuellen Konzept-Struktur.

In Kapitel 1.2.1 heißt es zu den Voraussetzungen von „high road“ Transfer, dass eine Abstraktion im Sinne einer Dekontextualisierung sowie vielfältige Übungen hierzu notwendig sind. In den folgenden Fallstudien sollen somit nicht nur zentrale strukturimmanente Aspekte des Ansatzes von „Mathematik im Kontext“ auf Unterrichtsprozesse in den Naturwissenschaften übertragen werden. Vielmehr ist die Bedeutung der Dekontextualisierung vor dem Hintergrund erfolgreicher Transferprozesse zu klären und die Fragestellung, ob die Strukturierung fachlicher Konzepte und die Loslösung vom Anwendungskontext dem lernenden „Laien“ selbstständig gelingt.

Vorangegangene Ausführungen suggerieren – in sicherlich kritisch zu reflektierender Aussagekraft – dass auf eine Phase der Dekontextualisierung im Verständnis einer Extraktion kontextbasiert erarbeiteter Konzepte aus dem Problemkontext verzichtet werden kann. Vielmehr zeigt sich das bewusste Aufzeigen von Analogien zwischen den Kontexten von zentraler Bedeutung. Darauf aufbauend können dann allgemeine heuristische Strategien abgeleitet werden, wie sie auch in Kapitel 1.2.1 als transferfördernd angesprochen wurden. Das Erkennen von Analogien würde dann auch zu einer Abstraktion der kontextgebunden erarbeiteten Konzepte zu allgemeingültigen Aussagen führen, was aber auch die selbstständige Reflektion kognitiver Strukturen voraussetzt. Dies ist, wie bereits zuvor festgestellt, sicherlich ein hoher Anspruch, der ggf. der geeigneten methodischen Unterstützung bedarf.

Wird eine Phase der Dekontextualisierung zudem aber auch als eine Strukturierung der erlernten Konzepte zum Beispiel im Sinne der Basiskonzepte (CHiK) verstanden, ist ihre Berechtigung erneut zu reflektieren, insofern als dass sie ein flexibleres Konzept-Netzwerk des Lernenden bedingen würde und somit die Transferdistanz erweitern könnte.

Die nachfolgende Fallstudie wird sich zunächst auf den Aspekt der definierten Kontextabfolge im Rahmen eines storytelling-Ansatzes fokussieren, ohne methodisch gezielt eine Reflektion des eigenen Problemlöse- bzw. Erkenntnisprozesses einzufordern, was sicherlich die Lernenden in dieser Altersstufe überfordern würde. Im Mittelpunkt des didaktischen Ansatzes soll vielmehr die Erkenntnis von Analogien zwischen den Problemkontexten stehen, woraus erfolgreiche Transferprozesse resultieren sollten.

In der sich anschließenden Fallstudie wird aufgrund des Alters der Lernenden auf einen storytelling-Ansatz als Rahmen der definierten Abfolge der Problemsituationen verzichtet. Die Lernenden werden allerdings in vielfältiger Weise zur Reflektion ihres individuellen Konzept-Netzwerks als auch ihres Problemlöseprozesses angehalten. Wohldefinierte Abstraktionsstufen des fachlichen Konzepts – analog zum Ansatz von MIC - sollen dessen Strukturierung als auch Generalisierung unterstützen.

3.2 Evaluation von ProChem hinsichtlich des transferfördernden Potentials des Ansatzes zur Förderung naturwissenschaftlicher Grundbildung

3.2.1 Beschreibung der Lerngruppe zur Erprobung der Fallstudie zum didaktischen Ansatz von „ProChem“

Im Rahmen der Erprobung des Ansatzes von „ProChem“ wurden je zwei zweite als auch zwei dritte Klassen einer örtlichen Grundschule in die nachfolgende Fallstudie einbezogen und die Lernfortschritte der Kinder hinsichtlich der übergeordneten Fragestellung evaluiert. In allen vier betrachteten Klassen kann von einem ausgewogenen Verhältnis von Jungen und Mädchen gesprochen werden, wobei die Klassenstärken mit unter 20 Kindern in Klassenstufe zwei als auch deutlich unter dreißig Lernenden in Klassenstufe drei als positiv niedrig hervorgehoben werden können.

Zwar war aus organisatorischen Gründen lediglich die enge Kooperation mit einer örtlichen Grundschule in der vorliegenden Fallstudie möglich, doch konnten durch den unterrichteten zeitlichen Rahmen von zwei Unterrichtsstunden mehrere Klassen eines Jahrgangs in die Fallstudie einbezogen werden, so dass eine gewisse Varianz im Leistungsniveau der Lernenden anzunehmen ist. Zudem sei angemerkt, dass auch wenn das schuleigene Curriculum

die inhaltliche sowie methodische Dimension weitestgehend formuliert, von einer Homogenität bezüglich dieser Bereiche innerhalb der Schule nicht gesprochen werden kann, da diese stark durch schulische Realitäten beeinflusst werden.

Die Repräsentanz der ausgewählten Lerngruppen wird auch durch die leistungsheterogene Zusammensetzung der Klassen hinsichtlich der Gesamtleistung der Kinder in allen Bereichen unterstrichen. So zeigen sich keinerlei Spitzen hinsichtlich besonders leistungsschwacher als ebenso besonders leistungsstarker Kinder, somit kann in allen vier Lerngruppen von einem durchschnittlichen Leistungsstand gesprochen werden.

Insbesondere in den zweiten Klassen zeigen sich aber durchaus größere Unterschiede in der Lese- und Schreibkompetenz, welche es sicherlich auch bei der Auswertung der Vor- und Nachtests zu berücksichtigen gilt. Sie sollte jedoch nicht so sehr im unterrichtlichen Prozess selbst ins Gewicht fallen, da hier die Geschichte erzählt und mit Bildern unterstrichen wird, wodurch sowohl die auditive als auch visuelle Ebene angesprochen wird, sowie die Versuche selbst nicht durch Arbeitsanweisungen in schriftlicher Form eingeleitet und begleitet werden. Aus Gründen der daraus resultierenden unterschiedlichen Ausdrucksfähigkeit der Lernenden, müssen auch zeichnerische Darstellungen zu den Vorstellungen und Erklärungen der Lernenden zugelassen werden, um die inhaltliche Ebene nicht durch fehlende sprachliche Kompetenz einzuschränken. Aus ebendiesem Grund, sowie keinerlei Erfahrung der Kinder mit der Beurteilung von Unterricht, muss in allen vier Lerngruppen auf eine „feedback-Kultur“ zum Unterricht selbst verzichtet werden. Die in diesem Zusammenhang zu evaluierenden zentralen Aspekte der Motivation der Lernenden können somit nur direkt im unterrichtlichen Geschehen beobachtet als auch indirekt im Nachtest durch ggf. auftretende Verweise zur Erzählung selbst geschlussfolgert werden. Ebenso sei angemerkt, dass in denen im Rahmen der Fallstudie betrachteten Lerngruppen auf Formen der eigenen Reflektion des Lernweges verzichtet werden muss, da die Kinder dieser Altersgruppe zu solch eigenständiger, abstrakter Strukturierung und Darstellung des eigenen Konzept-Netzwerkes zum fachlichen Inhalt noch nicht in der Lage sind und hierzu auch in keiner Weise durch offenere Unterrichtsformen im Vorunterricht angehalten wurden.

Eine größere Diskrepanz zeigt sich sowohl innerhalb der Lerngruppen als auch zwischen diesen hinsichtlich der naturwissenschaftlichen Allgemeinbildung als auch Erfahrungswelt der Lernenden und unterrichtlich geprägter Vorkenntnisse der Kinder trotz definierter Darlegung zu erarbeitender Kompetenzen im schuleigenen Curriculum. Spezielle Vorkenntnisse zum Themengebiet „Luft“ wurden in allen vier Lerngruppen bis zur Einheit noch nicht erarbeitet und können somit nur der Lebenswelt entliehen sein. Rudimentär wurden teilweise

in den Lerngruppen biologische Fragestellungen diskutiert, als auch die Form des Protokolls in einer Lerngruppe eingeführt. Experimente als zentraler Teil naturwissenschaftlicher Erkenntnisprozesse wurden lediglich in Klassenstufe drei vereinzelt durchgeführt, trotzdem kann von der Einübung eines naturwissenschaftlichen Erkenntniswegs keineswegs die Rede sein und somit auch eine fundamentale Trennung zwischen Phänomen und Deutungsebene nicht erwartet werden. Vielmehr zeigen sich als typisch für die Jahrgangstufen anschauliche und lebensweltlich geprägte Erklärungen mit deutlich personifizierendem Schwerpunkt, die in den höheren Klassenstufen teilweise durch abstraktere Modelle unbelebter Materie in zunehmender Weise ersetzt werden.

Da die Lernenden in allen vier Klassen mit dem Ansatz des „storytellings“ vertraut sind und durch Abenteuergeschichten in besonderer Weise zu motivieren sind, sollte der vorliegende Ansatz die Kinder gezielt ansprechen. Motivationale Aspekte, welche zu einer gesteigerten Lern- bzw. Arbeitsmotivation in den Lerngruppen beitragen, sind zudem lebensweltliche Themen, die die Kinder zu „Experten“ in der Welt der Erwachsenen machen und konkret fassbare Erfahrungen, somit also auch selbsttätig durchgeführte Experimente.

Angemerkt sei, dass die Frustrationstoleranz in allen vier Lerngruppen von den Klassenlehrkräften als eher gering eingestuft wurde. Zwar werden die Lernenden in besonderer Weise durch offene, neue Problemstellungen motiviert, es zeigt sich aber, dass Misserfolge in den Lösungswegen nicht in neuen Ansätzen münden, sondern ein Umgehen der Fragestellung beobachtet werden kann. In allen vier Lerngruppen dominiert der fragend-entwickelnde Unterricht, wodurch abschließende Erkenntnisse stets im Plenum diskutiert und Arbeitsergebnisse zentral formuliert werden.

3.2.2 Die didaktische Konzeption des Ansatzes von „ProChem“[68] und ihre unterrichtliche Erprobung

ProChem wurde in Anlehnung an das bereits beschriebene didaktische Konzept von „Mathematik im Kontext“ für die naturwissenschaftliche Frühförderung im Rahmen der Grundschule nach dem storytelling-Ansatz entwickelt. Dabei stand ein Lernverständnis im Mittelpunkt der Fallstudie, welches Duit wie folgt formuliert (Duit 1997, S. 241): *„Lernen wird als Prozess der kognitiven Entwicklung gesehen, der von bestimmten vorunterrichtlichen Vorstellungen ausgehend zur naturwissenschaftlichen Sichtweise führt.“* Als zu erarbeitende

[68] Der Ansatz von „ProChem“ ist inzwischen im Rahmen eines Kinderbuchs im Brune-Mettcker Verlag unter dem Titel „Die explosiven Abenteuer des Kapitän Pasteur und seiner furchtlosen Gefährten“ erschienen (Ausschnitt im Anhang). Das UNESCO-Weltnaturerbe Wattenmeer Besucherzentrum in Wilhelmshaven hat auf der Grundlage dieser Konzeption ein Lernlabor aufgebaut.

bzw. weiterzuentwickelnde Kompetenzen, welche mit dem vorliegenden Skript angesprochen werden sollen, sei das gezielte Beobachten von Phänomenen (größtenteils aus der Lebenswelt der SchülerInnen entliehen), das Formulieren von Hypothesen und deren experimentellen Überprüfung genannt. Hierzu finden sich zahlreiche Versuche aus dem Kanon des ChemOL-Schülerlabors der Universität Oldenburg eingebettet in eine kindgerechte Abenteuergeschichte wieder, die den emotionalen Rahmen des Erkenntnisprozesses bildet. Wie bereits im Bereich der mathematischen Fallstudien ausgeführt und durch zahlreiche Literaturverweise gestützt, bietet ein solcher storytelling-Ansatz eine Identifikationsmöglichkeit mit den verschiedensten Charakteren der Geschichte und trägt somit über den Handlungsstrang die Lernenden auch über Phasen der Frustration, fehlenden Motivation oder gar eigenen kognitiven Grenzen.

Die Abfolge der Versuche ist bewusst so angeordnet, dass Aspekte fernen als auch nahen Transfers berücksichtigt werden (s. entsprechende Definitionen in Kapitel 1.2.1). In der durchgeführten Evaluation konnte aus zeitlichen Gründen nicht der gesamte Umfang des ProChem-Konzepts unterrichtet werden, so dass es sich bei der vorliegenden Umsetzung um eine inhaltlich abgestimmte Kürzung des Gesamtansatzes handelt, um die Fragestellung zu klären, inwieweit der Ansatz geeignet ist, um Transferleistungen zu unterstützen. Konkret gefasst war die nachfolgende Frage im Rahmen der vorliegenden Evaluation begründet zu beantworten:

Können SchülerInnen der zweiten und dritten Klassen die im Rahmen des Ansatzes von ProChem erarbeiteten Fachinhalte auf neue Problemstellungen erfolgreich transferieren?

Hierzu wurde die nachfolgende skizzierte ProChem-Einheit in einem Untersuchungsumfang von zwei zweiten Klassen, sowie zwei dritten Klassen einer öffentlichen Grundschule in Wilhelmshaven durchgeführt. Kritisch sei bereits an dieser Stelle angemerkt, dass aus organisatorischen Gründen lediglich eine Grundschule in die Evaluation einbezogen wurde und somit die Heterogenität der Klientel hinsichtlich des Einzugsgebiets eher wenig variiert.

In Anlehnung an die thematische Einteilung im Rahmen des ChemOL-Schülerlabors an der Universität Oldenburg erfolgte eine bereits zuvor erwähnte Fokussierung des ProChem-Ansatzes auf den Themenbereich „Luft“. In der nachfolgenden Tabelle ist die Abfolge der Versuche in der Rahmenhandlung aufgeführt, sowie die im jeweiligen „Abenteuer“ zu erarbeitenden Kompetenzen. Die dritte Spalte hebt die erwarteten Transferleistungen der Kinder im unterrichtlichen Geschehen hervor.

Der zeitliche Umfang der Erprobung betrug zwei Unterrichtsstunden, in denen die Geschichte zentral vorgelesen und die eingeflochtenen Versuche in Kleinstgruppen selbstständig von den Lernenden durchgeführt und im Plenum inhaltlich diskutiert wurden.

Tabelle 9: Aufbau der ProChem-Einheit

„Abenteuer“ (Einbindung in die Geschichte)	zu erarbeitender Inhalt	erwartete Transferleistungen
„Schatztaucher“ Aufgabe: Bergung einer Flasche vom Grund des Meeres, welche den „Geist der Weisen“ beinhaltet, aber ohne, dass die tierischen Helden der Geschichte nasse Füße bekommen. 	Entwicklung des Prinzips der Taucherglocke, indem ein unsichtbarer Stoff (Luft) als solcher einen Raum einnimmt („Luft ist nicht Nichts!“).	Ggf. vorliegende Alltagserfahrungen/Beobachtungen bzw. Vorwissen kann in den Kontext übertragen werden.
„Taucherunglück“ Aufgabe: Durch ein Loch im verwendeten Fass ist Luft entwichen. Die Kinder beobachten das Ansteigen des Wassers in der Taucherglocke und erkennen die Gefahr für den Kapitän. Ziel ist es in einer Rettungsaktion der anderen Besatzungsmitglieder Luft von einer Taucherglocke in die andere umzufüllen. 	Betonung des stofflichen Aspekts der unsichtbaren Luft, so ist diese „umfüllbar“, wobei sie Raum einnimmt und dadurch das aufgestiegene Wasser verdrängt.	„Naher Transfer“ hinsichtlich des Phänomens des aufsteigenden Wassers beim Entweichen der Luft bzw. das Verdrängen des Wassers beim Einfüllen der Luft - „Luft ist nicht Nichts!“, sondern nimmt als Stoff Raum ein. Zum letzten Aspekt schließt sich auch das Umfüllen eines vermeintlich unsichtbaren Stoffes an, wobei dieser durch die beobachtbaren Luftblasen nun für die Kinder sichtbar wird.
„Flaschengeist“ Aufgabe: Die geborgene „Flasche der Weisen“ soll zum Sprechen gebracht werden. Dazu wird der Rand der gekühlten Flasche mit Wasser benetzt und ein Fünf-Centstück aufgelegt. Fest müssen die Kinder nun die Flasche mit ihren warmen Händen umfassen und dabei erkennen, ob es sich wirklich um einen Flaschengeist handelt.	Die kritische Auseinandersetzung mit dem Phänomen erfordert die Erkenntnis, dass die Flasche nicht leer ist, sondern den Stoff Luft enthält. Erarbeitet werden muss an dieser Stelle, dass sich warme Luft ausdehnt und aufsteigt, wodurch das Centstück angehoben und das scheinbare „Sprechen“ des Geistes hervorgerufen wird. Überprüft wird dieses anschließend	Der Anforderungsbereich dieses Aufgabenkontextes muss hinsichtlich der Transferanforderungen zweigeteilt gesehen werden. Die Grundlage der Betrachtungen bildet die Einsicht, dass die Flasche keinesfalls leer, sondern mit Luft gefüllt ist. Dieser bereits zuvor erarbeitete Aspekt wird hier lediglich rekapituliert, so dass es sich hierbei um „nahen Transfer“ handelt. Die Ausdehnung warmer Luft stellt einen zweiten inhaltlichen Teil dar, der ggf. aus Vorwissen in den Kontext transferiert werden kann, oder

„Abenteuer“ (Einbindung in die Geschichte)	zu erarbeitender Inhalt	erwartete Transferleistungen
	nochmals mit einem Ballon über dem Flaschenhals, wobei diese Anordnung zunächst erwärmt, dann in Eiswasser gestellt wird.	hier als Hypothese Erarbeitung findet. Erste Betrachtungen auf Teilchenebene können hier angeschlossen werden und stellen einen „fernen Transfer“ zwischen Stoff- und Teilchenebene dar. Der skizzierte Modellversuch fordert ebenfalls Transfer von den SchülerInnen ein, wobei dieser sicherlich als „naher Transfer“ zu charakterisieren ist, da es sich um einen nahezu analogen Versuchsaufbau handelt, der den bereits zuvor erarbeiteten Inhalt rekapituliert.
„Heißluftballon“ Aufgabe: Die Besatzung findet sich schiffbrüchig auf einer Insel wieder und lernt dort einen kleinen Drachen kennen. Mit seiner Hilfe wollen Sie in einem selbstgebauten „Flugkörper“ den Weg nach Hause antreten- doch dieser ist selbstverständlich zunächst erst einmal zu bauen. 	Der prinzipielle Aufbau eines Heißluftballons soll basierend auf dem zuvor Erarbeiteten abgeleitet werden.	Da es sich bei diesem Kontext um eine vollkommen neue, zudem sehr offen gehaltene Situation handelt, muss zunächst überlegt werden, welche Eigenschaft des Drachens genutzt werden könnte. Die heiße Luft bzw. das Feuer des neuen Freundes sollte die Kinder aufgrund ihres Vorwissens direkt zum Heißluftballon als geeignetem Transportmittel führen. Zwar wird der zuvor im Rahmen des „Flaschengeistes“ entwickelte Inhalt aufgegriffen, die Situation selbst ist allerdings so offen, dass von einem „fernen Transfer“ gesprochen werden kann.

Um vor dem Hintergrund der zu untersuchenden Fragestellung Aussagen treffen zu können, wird sowohl ein Vortest als auch ein Nachtest mit einem zeitlichen Umfang von jeweils einer Schulstunde eingesetzt. Um die Transferleistungen der SchülerInnen durch den Einsatz einer solchen Einheit beurteilen zu können, muss eine Aussage möglich sein, inwiefern bereits Leistungen in diesem Bereich vor der Einheit erbracht werden konnten. In einem Vortest wurden die Kinder mit Problemstellungen in Form von Phänomenen konfrontiert, die sie aufgrund ihres Vorwissens aufgefordert waren zu lösen. Eingebettet in die Geschichte galt der Vortest dabei als „Eintrittskarte“, um an Bord des Forschungsschiffes für die bevorstehende Reise zu gelangen.

Die gewählte Methodik zur Evaluation der Einheit divergiert zu den zuvor diskutierten und im Rahmen der Mathematikeinheit eingesetzten Methoden. Dies findet nicht nur im Alter der Lernenden Begründung, sondern vor allem in der Thematik selbst und der unterrichtlichen Durchführung. So wurde von beurteilenden Rückmeldungen der Lernenden zum unterrichtlichen Geschehen Abstand genommen, da diese keinerlei Erfahrung mit solchen Äußerungen in produktiver Weise haben. Auch die an Lerntagebücher zuvor formulierten Anforderungen können sicherlich nicht von den SchülerInnen dieser Altersgruppe erwartet werden. Zu diskutieren bleibt nun, wieso zur Evaluation der Konzeption nicht nur ein Nachtest eingesetzt wurde, sondern zudem auch ein Vortest. Während im Rahmen der Mathematikeinheit ein vollständig neuer Themenkomplex behandelt wurde, der nur anschaulich nicht aber mathematisch konzeptionell fundiert in der Lebenswelt der Lernenden auftritt, kann davon ausgegangen werden, dass jene mathematischen Konzepte nicht als Vorwissen verankert sind und im Anschluss an die Einheit in neue kontextbasierte Problemstellungen zu transferieren waren. Im Gegensatz zu dieser Thematik, die ebenso an vielen Stellen konkrete Lebensweltbezüge aufweist, zudem aber auch schon auf ein Konzept beim Lernenden verweist. Nur indem dieses bekannt ist, kann ein Lernzuwachs – insbesondere im Sinne der fokussierten Transferkompetenz - gelingen und beurteilt werden.

Name:	Klasse:

Bereit zum Start???

Schau Dir den Versuch genau an. Kannst Du erklären, was Du gesehen hast? Vielleicht möchtest Du auch zusätzlich eine Zeichnung anfertigen.

Das ging ja ganz schön daneben! Weißt Du warum? Vielleicht kannst Du auch einen Tipp geben, um in Zukunft nicht mehr so nass zu werden. Selbstverständlich darfst Du auch hier zusätzlich zeichnen.

Bestimmt gehst auch Du dieses Jahr wieder zum Osterfeuer! Brennendes Astwerk knistert im Feuer und…na, da fliegt doch etwas…brennende Blätter fliegen nach oben! Warum werden die brennenden Blätter nach oben in die Luft getragen? Kannst Du das erklären? Natürlich darfst Du auch hier eine Zeichnung machen.

Abbildung 19: Vortest

Ein erster Versuch des Vortests war der „Heißluftballon über dem Toaster“, der erneut im Rahmen der Geschichte auftaucht und Vorwissen der Lernenden hinsichtlich der Ausdehnung des Stoffes Luft und dem Aufsteigen der warmen Luft aufzeigen soll. Im zweiten Teil des Vortests wird eine „leere“ Flasche sehr dicht („luftdicht“) unter den Wasserhahn gehalten, wodurch das einzufüllende Wasser zu allen Seiten wegspritzt. „Luft ist nicht Nichts!“ dies sollte hier erkannt werden, wobei in allen Fragestellungen aufgrund der Klassenstufen der Kinder auch eine Zeichnung des Kindes zur Erklärung angefertigt werden durfte. Die letzte Frage griff inhaltlich nochmals den ersten Aspekt aus, ungleich komplexer jedoch in der Darstellung der entstehenden heißen Luft.

So wird das Phänomen aufsteigender brennender Blätter z. B. bei einem Osterfeuer beschrieben. Im Folgenden soll zunächst betrachtet werden, welche Erklärungen von den SchülerInnen zur jeweiligen Fragestellung herangezogen wurden. Dazu wurden die nachfolgenden

Kategorien deduktiv als auch induktiv abgeleitet, beispielhafte Ausführungen der Kinder in die Tabelle aufgenommen und die Nennungen im Vortest ausgezählt.

Hinsichtlich des ersten Phänomens bildete eine Kategorie die erwartete richtige Erklärung über die aufsteigende warme Luft, wobei die Nennung des immanenten Massenvergleichs zwischen warmer und kalter Luft nicht zwingend erforderlich ist. Daneben gibt es auch Ausführungen, die in einer gesonderten Spalte gezählt werden, da sie lediglich die Beobachtung der Ausdehnung des Plastiksacks über die warme Luft deuten. Eine weitere Kategorie bildet die Annahme der Kinder, ein vermeintlicher Wind des Toasters würde das Aufsteigen des Plastiksacks bewirken.

Dies entspricht vielfältigen Erfahrungen und Beobachtungen der Kinder aus ihrem Alltag und stellt sich als fassbarer dar als eine Deutung mit Hilfe der unsichtbaren, warmen Luft, so dass es hier auch Vermischungen gibt. Bei der Durchsicht der Antworten der Kinder stellte sich auch ein diffuses Erklärungsbild dar, welches zwar von einer „Luft des Toasters“, welche in den Sack gelangt, ausgeht, hier aber eine konkrete Erläuterung des Aufsteigens ausbleibt. Abgeleitet wurde dieses Bild wahrscheinlich von Ballons, die die Kinder z. B. auf Jahrmärkten sehen können, welche mit vermeintlicher Luft gefüllt, ebenfalls fliegen können. Die Nennung der „Hitze“ als Ursache des Phänomens wird hier als eigenständige Kategorie angeführt, da es sich hierbei für die Kinder um eine durch die gewählten Formulierungen deutlich stoffliche, fassbare Ebene handelt. Der einigen Kindern als Begriff geläufige Luftdruck wird ebenfalls zur Erklärung herangezogen, auch wenn deutlich wird, dass ein fundiertes Verständnis fehlt.

Als abschließende Rubriken wurden dann fehlende Erklärungen erfasst, sowie Antworten, die nur die Beobachtungen des Kindes wiedergaben und somit eine Deutung vermissen ließen.

Auswertung: „Der Heißluftballon über dem Toaster“

Die warme Luft des Toasters hat eine geringere Dichte als die kalte Luft und sammelt sich im gelben Sack, wodurch dieser aufsteigt:

- *„Vom Toster ziht die Warme luft auf und dann steigt die warme Luft auf“*
- *„In dem Toster ist warmeluft darum wird der Gelbesak dick und fligt dan ab.“*
- *„Die Heiße luft steigt immer nach Oben.“*
- *„Der Gelbe Sack ist von der Wärme des Tosterst hcohgeschtigen.“*
- *„im Toster ist werme die werme schdeigt mit dem Gelben Sack die Decke Huhch.“*
- *„Die Warme Luft steigt nach oben. Deswegen steigt die Tüte nach oben.“*
- *„Der gelbe Sack ist vom Toster mit warmer Luft gefüllt worden. Der Sack ist in die Luft geflogen*
- *weil warme Luft nach oben steigt.“*
- *„Die Luft steigt nach oben weil sie Wahrm ist und drückt die Plasticktute nach oben.“*

(Klassenstufe 2: 7 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 11 Nennungen [Gesamt: 49 SchülerInnen])

Der gelbe Sack wird durch den Wind des Toasters hochgepustet:

- *„Der tonter mart wind und daher fligt die tüte hoch“*

(Klassenstufe 2: 1 Nennung [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 0 Nennungen [Gesamt: 49 SchülerInnen])

Diffuses Verständnis, bei dem lediglich die Luft genannt wird, welche vom Toaster in den gelben Sack gelangt. Keine differenzierte Betrachtung der Temperatur der Luft:

- *„Wen man den Tosta an macht dan Kommt luft rain in den gelben Sag.“*
- *„Ees ist Fon der luft“*
- *„in den gelben Sack kommt Luft rein und dan geht er irgentwan nach Oben“*
- *„In den Toska ist Luft drinn. Der Tosta änhelt Luft. Und daher Flikt der Gelbesack hoch“*
- *„der Toster macht Luft in die Tüte dann geht die Tüte hoch“*
- *„Die luft steigerte sich und deswegen ist der gelbe Sack hochgeflogen“*
- *„das die Plastiktüte in die Luft geflogen ist weil die Plastiktüte Luft er halten had“*
- *„Der Toster hat die Tüte hochdehgeflogen weiel der Toasta hat Luft“*
- *„Die Luft drängt den Mühlsack nach oben bis an die Decke.“*
- *„Es ist Gaß in die Tüte gekommen und die Tüte flieg hoch.“*
- *„Der Müllsack schwebt weil der Toster den Mülsack Luft giebt und der Mulsack dan schwebt.“*
- *„Die Tüte ist geflogen, weil gasluft in die tüte gekomen ist. So ist die tüte hochgeflogen.“*

(Klassenstufe 2: 8 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 7 Nennungen [Gesamt: 49 SchülerInnen])

Die „Hitze“ des Toasters wird als Ursache gesehen:

- *„Die Tüte ist wegen der hize hoch ke floge.“*
- *„Der Toster schist mit der Hitze den Gelbensack in die Luft.“*
- *„die Hietze hat den Gelbensag nach oben getragen als erstes hat die hitze ihn aufgeblasen.“*
- *„als die Tüte über den Toster gegang ist worde sie fon der hitze aufgeblasen und in die Luft gesdegen“*
- *„Der gelbesack ist Weckgeflogen weil die Werme den gelben sak Hochgedrükt Hat“*
- *„Die wärme macht dass der Gelbesak schwebt.“*
- *„Der Müllsack ist nach oben geflogen, weil die Hitze von den Toaster es nach oben gezogen hat.“*
- *„Das die wärme den Gelbensak hoch druckt und die wärme den Gelbensak fliegen lest.“*
- *„Die Hitze in dem Tosta geht in den Sacke und er behnt sich aber dann ist der Sack voll mit wärme und geht hoch. Deshald ist der Sack auch von der Decke wieder runter gekommen.“*

(Klassenstufe 2: 5 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 7 Nennungen [Gesamt: 49 SchülerInnen])

Es wird lediglich die Ausdehnung des gelben Sacks über dem Toaster im Vergleich zum Aufblasen eines Luftballons aufgegriffen:

- *„Wenn die Warme Luft in den sack kommt dan ist das wie wen man ein Luftballon aufblest.“*
- *„ich sehe das die Tüte Hoch get. Das pasirt weil die werme in die Tüte gelangt. Da durch würt die werne des Tosters blast die Tüte auf.“*
- *„mann muss den Toster anmachen, und ein Gelber Sack hinüber geben. Dann blest er sich auf Warum? Weil der toster ist heiß.“*
- *„Die Tüte ist Hoch gegan weiel Die Tüte sich auf geblasen hat“*
- *„Der gelbe Sack ist hoch gefloge weil die wärme die Tüte aufgeplustert hat.“*
- *„Der gelben Sak bläst sich mit gas auf Weil der Toster sehr heiß ist.“*
- *„Durch die warme Luft im Toaster entsteht Gahs. Der Gelbe Sack füllt sich mit Gahs auf und fliegt in die Luft. Wie bei einem Luftballon.“*

(Klassenstufe 2: 3 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 5 Nennungen [Gesamt: 49 SchülerInnen])

Vermischung der Erklärungen Wärme und Wind:

- *„Die Werme ist ein kleines Feuer das Feuer läst CO2 nach oben steig und blest in auf wen genug wind dien ist steigt er hoch“*

(Klassenstufe 2: 1 Nennung [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 0 Nennungen [Gesamt: 49 SchülerInnen])

Ohne Erklärung:

(Klassenstufe 2: 3 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 3 Nennungen [Gesamt: 49 SchülerInnen])

Lediglich das Phänomen selbst wird beschrieben:

- *„Der Gelbe Sack ist Hoch gegangen von den Toster."*
- *„Ein Toster und ein gelber sak Der Toster hat den gelben sak hochgehoben weil der Toster an war."*
- *„Der Gelbe Sack ist nach einer zeit Hoch geflogen."*
- *„Der gelbe Sack bläst sich mit Gass auf und der Sack geht hoch dann geht er auf die decke und bleibt ein paar sikunden dran. Er geht wieder runter und die Lehrerin hangt den Sack auf."*

(Klassenstufe 2: 3 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 4 Nennungen [Gesamt: 49 SchülerInnen])

Deutung findet sich in einem unklaren Verständnis des Begriffs (Luft-)Druck wieder:

- *„Der Luftdruck bläst die Tüte dann nach oben. Die Tüte fliegt durch den Luftdruck fliegt sie hoch."*
- *„Der Lufttrug vom Toaster geht in den Sack und fliegt hochempor."*
- *„Der Toster wird warm und die Tüte wird aufgeblassen dann fliegt sie hoch durch Luftdruck"*
- *„Der toster hat ein druck der wärme, und von der wärme und den, drück der die Tüte Nach oben, der schwäbte weil die wärme das drückt"*

(Klassenstufe 2: 0 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 9 Nennungen [Gesamt: 49 SchülerInnen])

Vergleich mit einem Heißluftballon:

- *„Der Toster wird warm und die Tüte wird aufgeblassen, dann fliegt sie hoch! Wie bei einem Heiß-Luftballon!"*
- *„Die Gas Luft erwärmt die Tüte von ihnen und die Wärme lässt sie fliegen. Früher glaubte man das der Rauch das macht, bevor der Heißluftballon erfunden wurde."*

(Klassenstufe 2: 0 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 2 Nennungen [Gesamt: 49 SchülerInnen])

Die Auswertung zeigt, dass bereits knapp 23 % aller SchülerInnen der Klassenstufe 2 eine richtige Deutung des Phänomens über die warme Luft des Toasters geben können. Zwar

wird im Gegensatz zur Klassenstufe 3 noch nicht der Vergleich mit dem Heißluftballon konkret vollzogen, doch finden sich zentrale Elemente seiner Funktionsweise in den Erklärungen wieder.

Auch ziehen die Kinder der zweiten Klasse den Begriff des Luftdrucks nicht zur Deutung heran; offenbar hat dieser noch nicht sprachlichen Einzug in ihre Lebenswelt gehalten. Der „Wind“ als Ursache des schwebenden Ballons entspricht alltäglichen Beobachtungen, wird aber nur von einem Schüler genannt (3 %).

Die Ursache in der Luft des Toasters zu sehen ist durchaus präsent, so nennen acht SchülerInnen dies als Grund ihrer Beobachtungen, ohne jedoch auf die Temperatur einzugehen (26 %). Hier kann eine Vermischung lebensweltlicher Erfahrungen angenommen werden. Der scheinbar luftgefüllte, fliegende Ballon, oder gar „Luft“ im Zusammenhang mit dem Begriff „Wind“, so des Föns, welcher aktiv den Plastiksack „hochpustet“.

Generell kann bei diesen Kindern von einer stärker anschaulich geprägten Vorstellungsebene ausgegangen werden. An dieser Stelle kann auch das Erklärungsmodell der „Hitze“ angeführt werden, eine offenbar personifiziertere Form der Wärme und damit fassbarer für die Lernenden[69]. Ein kleiner Anteil der Kinder erklärt lediglich die Ausdehnung der Tüte in Analogie zum Aufblasen eines Luftballons (knapp 10 %), geben lediglich ihre Beobachtungen wieder (knapp 10 %) oder formulieren keinerlei Aussage zum Versuch (ebenfalls knapp 10 %). In Klassenstufe 3 fanden sich bei ebenfalls 22 % eine richtige Deutung des Phänomens, wobei zusätzlich noch 2 der insgesamt 49 Befragten (4 %) den direkten Vergleich zum Heißluftballon vermochten.

Sehr dominant bei dieser Altersgruppe schien der Begriff des Drucks bzw. Luftdrucks, welcher offensichtlich alltagssprachliche Bedeutung hat und zudem eine immanente Anschauung trägt. Lediglich drei SchülerInnen blieben eine Erklärung schuldig (6 %) und weitere vier Kinder (8 %) beschrieben letztlich nur das Phänomen selbst, fünf nur die Ausdehnung des Plastiksacks (10 %). Sieben Kinder zogen die „Hitze“ als Ursache heran (14 %) und ebenfalls 14 % äußerten nur ein diffuses Verständnis hinsichtlich der „Luft“ als Ursache.

---

[69] Dies verweist auf den kindlichen Animismus (Hagleitner 1983, S. 261): *„Der sogenannte kindliche Animismus beschreibt die Neigung von kleinen Kindern, unbelebte Ereignisse ihrer Umgebung als belebt zu erleben.“* Zur weiteren begrifflichen Einordnung s. auch (Kattmann 2005, S. 167): *„Personifizierung wird […] als Spezialfall der Anthropomorphie aufgefasst und betrifft nur die Übertragung von typisch personenhaften Eigenschaften (z. B. Wünsche, Wille, ethisches Handeln) auf konkrete oder abstrakte Objekte (u. a. Tiere, Organe, Gene, Leben, Natur). Andere Bezeichnungen hierfür sind Animismus oder in Analogie zu den anderen hier vorgeschlagenen Termini: „Psychomorphie“.“* als auch (Rohen-Bullerdiek 2012, S. 8): *„[…] Anthropomorphismus (ist) die Übertragung menschlicher Eigenschaften und Verhaltensweisen auf nicht-menschliche Dinge oder Wesen (Lück 2003, S. 78-79).“*

Zusammenfassend kann folgendes prozentuales Ergebnis nach Klassenstufen differenziert angegeben werden:

Tabelle 10: Auswertung des Vortests bzgl. des „Heißluftballons über dem Toaster“

„Heißluftballon über dem Toaster“	richtige Deutung	ohne Erklärung	fehlerhafte Erklärungen	nur Wiedergabe der Beobachtungen	diffuse Deutung über den Begriff	lediglich Betrachtung der Ausdehnung	„Luft“ als undifferenzierte Ursa-
Klassenstufe 2	39 %	10 %	6 %	10 %	0 %	10 %	26 %
Klassenstufe 3	41 %	6 %	0 %	8 %	18 %	10 %	14 %

Die zweite Aufgabe des Vortests fokussierte sich auf den Aspekt „Luft ist nicht Nichts!“ und somit dem stofflichen Charakter eines unsichtbaren Stoffes, wodurch bereits erstes abstraktes Denken notwendig wurde. Da die Erklärung Kindern dieser Altersstufe sicherlich schwer fallen würde, konnte wiederum eine Zeichnung zusätzlich aber auch ein Tipp gegeben werden, um in Zukunft nicht mehr so nass zu werden. Letzteres entspräche sicherlich lebensweltlicher Erfahrung und ließe eine fundierte Anknüpfungsebene zu. In nachfolgender Auswertung ergaben sich Mehrfachnennungen, da einige mehrere Hypothesen zur Erklärung formulierten.

<u>Auswertung:</u> „Flasche unter dem Wasserhahn“

Ursache wird in der zerknitterten Flasche gesehen:

- *„die flasche war zergniterd und zu nah am wasserhan“*
- *„Weiel die Flasche werknikt war.“*
- *„Die Flasche kunte kabut sein. Oder Du hast die Flasche zu dulle an gedügt.“*

(Klassenstufe 2: 3 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 1 Nennung [Gesamt: 45 SchülerInnen])

Diffuse Erklärung über den Begriff des Drucks des Wassers:

- *„der drug des wasserhans war zu dol ist der überal hin gesbrist“*

(Klassenstufe 2: 2 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 0 Nennungen [Gesamt: 45 SchülerInnen])

Lediglich das Phänomen selbst wird beschrieben:

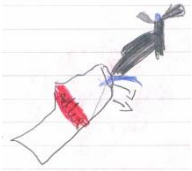
- *„Das Wasser ist da neben gegangen“*

(Klassenstufe 2: 1 Nennung [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 4 Nennungen [Gesamt: 45 SchülerInnen])

Richtige Erklärung (zumindest in Ansätzen) über die bereits vorhandene (unsichtbare) Luft in der Flasche:

- *„Da ist was trin in der Flasche das farchtoft es.“*
- *„Die Luft drengt das Wasser weg.“*
- *„Wenn mann die Flasche zu na dran helt kann die Luft nicht raus kommen! Das Wasser spritzt daneben! Um es besser zu machen nicht so na dran halten.“*
- *„Wenn man die Flasche zu nah an den Wasserhahn hält kann kein Wasser reinkommen weil die Luft das meiste Wasser wieder raus drückt.“*
- *„in der flasch war Luft“*
- *„Die Luft ist in der Flasche und läst das Wasser nicht in die Flasche.“*(s. Abb.)

- *„In der Flasche war Luft drine sons wen in der Flasche keine Luft drine ist dann wer auch in der Flasche was drine.“*
- *„Die Luft in der Flasche hat das Wasser raus gedruckt.“*(s. Abb.)



In der dritten Klasse findet sich erneut der Begriff des „Luftdrucks“ an dieser Stelle in einer sehr personifizierten Form wieder:

- *„Man darf das Wasser nich so doll auf machen und der Luftdruck das wasser nach oben“*
- *„Der Luftdrug drück sich nach oben. So kommt kein Wasser in die Flasche.“*
- *„Der Luftdruck drückt das Wasser aus der Flasche. So kommt kein Wasser in die Flasche.“*
- *„Der Luftdruck bläst Das wasser aus den Flasch so kommt nichts in die Flasche.“*
- *„in der fasche war lutdruk drine der wegen kan das wasser nicht rein komen.“*
- *„Der Liftdruck bläst das Wasser nach oben und flist raus.“*
- *„der luftdruck lest das Wasser nicht rein. Die luft lest das Wasser zu Seite laufen.“*
- *„Es war in der Flasche zu fiel luft der Luftdruck hat das Wasser alles rausgedrückt“*
- *„Luft war in dem Becher als das Wasser in die Flasche wollte. Hat sich die Luft raus gehdrückt. Deshalb ist kein Wasser reingekommen.“*
- *„Die Flasche hate Luft in drine und deswegen gang das Wasser nicht in die Flasche und in der Flasche ist ja Luft und Luftdruck macht das Wasser wider raus.“*

(Klassenstufe 2: 2 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 32 Nennungen [Gesamt: 45 SchülerInnen])

Ohne Erklärung:

(Klassenstufe 2: 6 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 5 Nennungen [Gesamt: 45 SchülerInnen])

Ursache wird in der Nähe zum Wasserhahn gesehen (Alltagserfahrung):

- *„die flasche war zergniterd und zu nah am wasserhan“*
- *„Die flasche war zu weit oben Dan spritst das wasser.“*
- *„Die Flasche kunte kabut sein. Oder Du hast die Flasche zu dulle an gedügt.“*
- *„Wenn Mann das Glas zu weit am Wasserhan hält Spritzt es.“*
- *„Weist du warum das Wasser nur ein bischen in das Glas reinget weil du das Glas ganz na an den Wasserhahn getan hast darum.“*

(Klassenstufe 2: 14 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 3 Nennungen [Gesamt: 45 SchülerInnen])

Ursache wird in zu kleiner Öffnung der Flasche gesehen:

- -*„Mann braucht eine grösere Öfnunk“*
- *„weil das zu klein ist darum geht wasser nicht rein“*
- *„Wall das Glas zu klein ist und das Wasser kommt da nicht rein. Weil das viel zu viel Wasser ist.“*
- *„Das Wasser trift auf die Render fon dem Glas dardurch Spritzt das Wasser daneben.“*
- *„Mann sote das kleine Fläschchen nicht ganz unter den Wasserhan halten. Weil das Loch zu klein ist.“*

(Klassenstufe 2: 6 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 0 Nennungen [Gesamt: 45 SchülerInnen])

Die vorliegende Auswertung zeigt einen deutlichen Unterschied zwischen den Klassenstufen. So weist die Auswertung der Bearbeitungen der Zweitklässler nur 6 % der Kinder aus, welche „Luft“ zur Deutung der Beobachtungen heranziehen. Die Ebene des nicht sichtbaren Stoffes „Luft“ wird hier somit kaum berücksichtigt. Größtenteils werden Alltagserfahrungen rekapituliert, welche eine Handlungsempfehlung beinhalten, die nicht hinterfragt bzw. begründet wird (65 %). Dies findet sich auch in Hagleitners Aussagen wieder (Hagleitner 1983,

S. 263): *„[…] (eine) Perspektive, in der die Unterscheidung zwischen „belebt" und „unbelebt" fehlt bzw. Verwechslungen im Erleben und Handeln auftreten.“* Gerade hier kann aber angeknüpft werden, indem die bereits vorhandene Handlungskompetenz im folgenden Begründung erfahren kann.

Fehlerhafte bzw. gar fehlende Erklärungen (39 %) beinhalten dies Potential zwar nicht, können gegebenenfalls aber – und dies ist besonders zu untersuchen - durch einen geeigneten Unterricht insofern aktiviert werden, als das letztlich eine nicht sichtbare Ebene zur Deutung herangezogen wird.

Vollkommen konträr stellt sich die Situation in der Klassenstufe 3 dar. Hier überwiegt deutlich der Anteil der Lernenden, welche bereits eine (teilweise) richtige Erklärung formulieren. „Richtig“ meint in diesem Fall die „Luft“ als Stoff begreifen und ihn als Ursache des Phänomens aufzeigen. In den Ausführungen fällt wiederum der personifizierende Charakter dieser auf und erneut der Begriff des Drucks, in diesem Fall des Luftdrucks. Eine klare fachsprachliche Trennung, so z. B. zwischen „Luft“ und „Luftdruck“ kann nicht erwartet werden und findet sich auch keinesfalls in den Ausarbeitungen.

Es bleibt ein sehr unspezifischer Gebrauch des Wortes „Luftdruck“, der vielmehr mit einem Verständnis von der Kraft der Luft im Gefäß gekoppelt zu sein scheint. Nur ein geringer Anteil der Kinder rekapituliert in dieser Altersstufe noch lebensweltliche Erfahrungen als Handlungsanweisungen, auch ist der prozentuale Anteil an fehlerhaften bzw. fehlenden Erläuterungen deutlich gesunken. Eine Zusammenfassung stellt die nachfolgende Tabelle dar:

Tabelle 11: Auswertung des Vortests bzgl. der „Flasche unter dem Wasserhahn“

„Flasche unter dem Wasserhahn“	**Fehlerhafte/fehlende Erklärungen, welche nicht die Luft als zentrales Element der Deutung heranziehen**	**Rekapitulierte Alltagserfahrungen als Handlungstipps, welche die Ursache in der Nähe der Flasche zum Wasserhahn bzw. in einer zu kleinen Öffnung der Flasche sehen**	**richtige Erklärung, die den unsichtbaren Stoff „Luft“ betrachtet**
Klassenstufe 2	39 %	65 %	6 % (aufgrund von Mehrfachnennungen entspricht dies mehr als 100 %)
Klassenstufe 3	22 %	7 %	71 %

Die dritte und letzte Aufgabenstellung des Vortests greift nochmals Aspekte der ersten Fragestellung auf, jedoch ungleich komplexer. Ziel der geschilderten Beobachtungen ist es erneut die warme Luft als Ursache zu erkennen, dass die brennenden Blätter hochgewirbelt werden.

Es werden dadurch zwei Anforderungsbereiche miteinander verknüpft, zum einen die vorangegangene Betrachtung eines unsichtbaren Stoffes, der „Luft“, und zum anderen eine Spezifikation hinsichtlich der warmen Luft, welche offensichtlich aufsteigt, da sie leichter ist als die umgebene kältere Luft. Die letztgenannte Facette eines Massenvergleichs ist keineswegs zentral, auch nicht in der sich anschließenden Einheit.

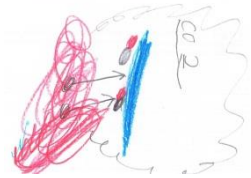
Auswertung: „Osterfeuer“

Die Wärme/Hitze bzw. das Feuer/Rauch wird in einer personifizierten, stofflichen Form als Ursache herangezogen:

- *„die warme ziet die Bläter nach oben“*
- *„Die Blätter werden Von den Feuer getragen“*
- *„Weiel die hietze den rauch nach oben hielft“*
- *„Das Pfauer get nach oben und sit diebltta nach oben“*
- *„Wenn Mann was in das Feuer wirft kommt ein Feuer stos das Feuer stäst das Blat nach Oben.“*
- *„Weil das feuer die Blätter und hitze nach oben schlägt.“*
- *„Wegen den dampf“*
- *„Das Rauch macht die Blätter nach oben mit dem Rauch zusammen“*
- *„Das feuer stöst die Bläter hoch und dann Fliegen die Bläter hoch“*
- *„Der rauch trägt die Blatter nach oben.“*
- *„Das Laub ist trocken und des wegen leicht die Warme läst es steigen.“*
- *„Die Blätter werden hoch ihn Die Luft getragen weil Die heiße Luft Die Blätter hochhält“*
- *„Das Feuer ist sehr heiß die Luft geht in das feuer, und das feuer spuckt die Luft wieder aus und die Blatter gehen in die Luft.“*
- *„Wegen der hietze.“* (s. Abb.)

Als Einzelfall können die nachfolgenden Formulierungen betrachtet werden:

- *„es gibt ein Gas das nent man CO2 und das pralt gegen die Blätter und dan Fliegen die Bätter hoch“* (s. Abb.):

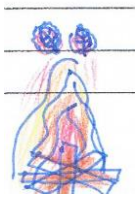


- *„die funken nehmen das laud auf“*
- *„Die Blätter fangen Feuer und fliegen in die Luft, weil wenn Feuer mit Sauerstoff zusammen*
- *kommen ensteht ein gas das die Blätter schweben lässt.“*
- *„Das trokne Laub wird durch den druck des Feuers hoch gewirbelt.“*
- *„Das Feuer nimmt druck auf und schmeist das Trokene Blatt in die Luft.“*
- *„Von wärme.- Das Feuer ist heißer als die Luft. Es ist so heiß das das Blatt hochgewirbelt wird. Das kann man auch sehen wenn man einmal eine Kerze anzündet und über sie guckt. Dann sieht man immer so kleine Wellen. Das kommt weil das feuer druck aufnimmt.“*

(Klassenstufe 2: 10 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 25 Nennungen [Gesamt: 44 SchülerInnen])

Richtige Erklärung (Parallele zum ersten Versuch wird erkannt):

- *„die Hitze get nach oben Haben wir schon mit den toster gemacht“*
- *„Weil die hitze die Bleter nach Oben steigenläst“*
- *„Duch die Werme steigen die Bleter nach oben.“*
- *„Die warme Luft drückt die Blätter nach oben (wie beim ersten Rätsel).“*
- *„weil die warme Luft nach oben geht“*
- *„Das feuer ist ja warm und wie wir wie wir wissen geht wärm nach oben und die wahrm tragt das Blatt.“*
- *„Die Blätter fliegen nach oben und weil die warme Luf nach oben steigt.“*
- *„Die Blätter werden nach oben transbortiert, weil warme Luft nach oben steigt. Wenn mann genau sind kann man es sehen“*
- *„weil die warme Luft nach oben geht und deswegen werden die brenndene Blätter nach oben fliegt“* (s. Abb.)



- *„Die warme Luft drückt die Blätter nach oben weil warme Luft nach oben steigt.“*

(Klassenstufe 2: 3 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 9 Nennungen [Gesamt: 44 SchülerInnen])

Parallele zum ersten Versuch wird gesehen, jedoch mit der personifizierten Begrifflichkeit des Luftdrucks erklärt:

- *„Die Blätter wurden durch ein starken Luftdruck angehoben. Genau so wie bei den gelben Sack.“*

(Klassenstufe 2: 0 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 1 Nennung [Gesamt: 44 SchülerInnen])

Zwar wird die „Luft“ als Begriff zur Deutung herangezogen, jedoch in einem diffusen Argumentationsstrang:

- *„Die luft steigert sich!!!“*
- *„Wenn es drockenes Laub im Feuer ist dan Schwebst da von weil das suerstoff aufnimmt und Weil das die Luft sehr sturmisch ist“*
- *„Wen das laub Feuer fängt dann enstet ein seher staker luft widerstand Plus den widerstand des Feuers wird es hoch gewirbelt.“*

(Klassenstufe 2: 1 Nennung [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 2 Nennungen [Gesamt: 44 SchülerInnen])

Warme Luft wird als Begriff, nicht aber als Erklärung ausgeführt:

- *„in Feuer ist gans heiße Luft drin“*

(Klassenstufe 2: 1 Nennung [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 0 Nennungen [Gesamt: 44 SchülerInnen])

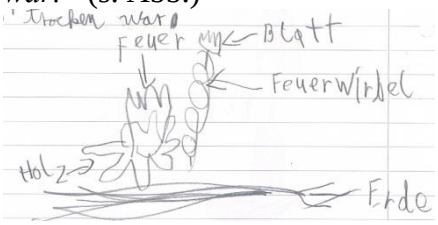
Deutung über die geringe Masse der Blätter bzw. deren vermeintlich glatte Oberfläche:

- *„Wen Mal Trokendeslaup Aufs Feuer feldfliktes Hoch weil Die Bletter leicht sind fligensi“*
- *„weil die Bleter Glat sind“*
- *„Das feuer lässt die Äste unten bei sich und die Blett steigen nach oben weil sie zu leicht deshalb fallen die Blätt runta.“*
- *„wen die Bläter Brenen werrrden die Bläter werden leichter. Und schweigen hoch.“*
- *„Weil das Ballt so leicht ist. Und weil die Luft das hochdrückt.“*
- *„Das Heuh ist zu leicht und weht hoch. Deshalb geht das Holz nicht hoch.“*

(Klassenstufe 2: 3 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 4 Nennungen [Gesamt: 44 SchülerInnen])

Nur das Phänomen des Brennens bzw. des Osterfeuers allgemein wird beschrieben:

- *„Wen man holz an zünd et dan fängt das holz feuer und es fängt an.“*
- *„Wenn Der Wind zu Stark wird fligt alles rum und kann auch auf denn rasen fallen“*
- *„Ich glaube weil es Feuer fängt und dann wird es heiß und geht nach oben weil es trocken war.“* (s. Abb.)



(Klassenstufe 2: 1 Nennung [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 3 Nennungen [Gesamt: 44 SchülerInnen])

Keine Erklärung:

(Klassenstufe 2: 12 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 1 Nennung [Gesamt: 44 SchülerInnen])

Die Auswertung dieses letzten Teils des Vortests weist ebenfalls große Unterschiede in den Bearbeitungen unterschiedlicher Klassenstufen aus und sollte somit getrennt erörtert werden. Ein großer Anteil der Zweitklässler kann keine Erklärung für das geschilderte Phänomen geben (39 %) oder verliert sich in Schilderungen abseits gelegener Beobachtungen beim Osterfeuer allgemein (3%), so dass beide zu einer Spalte fehlender Erklärungen im nachfolgenden zusammengefasst werden. Auffallend ist, dass dieser Anteil deutlich in der Klassenstufe drei auf 9 % im Vergleich zur zweiten Klassenstufe sinkt.

Fehlerhafte Deutungen finden sich bei Betrachtung der Masse bzw. Oberfläche der Blätter, welche in der zweiten Klassenstufe einen prozentualen Anteil von 10 % und in der dritten Kassenstufe einen nahezu gleichgewichtigen Anteil von 9 % einnimmt.

Eine weitere Kategorie kann in der Nennung der „Luft“ in den Ausführungen der Kinder gesehen werden, die jedoch unkonkretisiert bleibt. Diese Kategorie nimmt in beiden Klassenstufen eine nahezu gleiche, geringe Gewichtung ein. Richtige Erklärungen, wobei teilweise bereits konkrete Parallelen zum ersten Versuch des „Heißluftballons über dem Toaster“ gezogen werden, finden sich zwar in der zweiten Klassenstufe nur bei 10 % der Kinder, in der nachfolgenden Klassenstufe bereits bei einem Fünftel aller Lernenden.

Besonders seien an dieser Stelle die Antworten hervorgehoben, die schon die Wärme bzw. Hitze oder das Feuer selbst und dessen Rauch in einer personifizierten Form zur Deutung heranziehen und damit bereits wichtige Aspekte hinsichtlich der Ursache-Wirkungs-Beziehung aufzeigen. Diese werden jedoch sprachlich verfälscht, da sie der unsichtbaren Ebene der aufsteigenden warmen Luft eine sichtbare, stoffliche Ebene geben, so z. B. in Form des Rauchs, oder des sichtbaren Feuers, welche, mit menschlichen Eigenschaften ausgestattet, das Beobachtbare bewirken, wobei sich auch hier ein deutlicher Unterschied zwischen den Klassenstufen zeigt.

Angemerkt sei, dass die Zielsetzung des ProChem-Ansatzes keineswegs darauf abzielt, diese personifizierte Deutungsebene zurückzudrängen, da sie gemäß den Abstraktionsebenen Piagets durchaus ihre Berechtigung und Notwendigkeit in dieser Klassenstufe hat. So vertrat Piaget die Position, dass *„sich im kindlichen Animismus ein wesentliches Moment der Erkenntnisentwicklung manifestiere."* (Hagleitner 1983, S. 262). Auch Kattmann unterstreicht die Bedeutung anthropomorpher Vorstellungen beim Lernen (Kattmann 2005, S. 165): *„[…] aufgrund von Ergebnissen zur Didaktischen Rekonstruktion […]* [zeigt sich], *dass* [eine] *anthropomorphisierende Redeweise unvermeidbar ist und unter bestimmten Umständen das Lernen […] fördern kann."* Kattmann verallgemeinert seine aus der Biologiedidaktik abgeleiteten Erkenntnisse (Kattmann 2005, S. 165): *„Anthropomorphe Vorstellungen scheinen danach ein mental nahe liegendes Instrument für das Lernen zu sein."* Rohen-Bullerdiek plädiert sogar für die Erklärung naturwissenschaftlicher Inhalte mithilfe animistischer bzw. anthropomorpher Vorstellungen (Rohen-Bullerdiek 2012, S. 8). Dabei sollte sich allerdings eine Entwicklung im Lernprozess anschließen, den Kattmann in einer „Zweisprachigkeit" sieht (Kattmann 2005, S. 166), in der *„die intuitive Vermenschlichung vielleicht in eine aufgeklärte Form überführt werden könne."* Fokus sollte es demnach sein, den hohen Anteil begrifflicher Unschärfen zugunsten einer fundierten Vorstellung auf der Ebene der unsichtbaren warmen Luft zurückzudrängen, also die Akzeptanz eines unsichtbaren Stoffes.

Tabelle 12: Auswertung des Vortests bzgl. der Fragestellung zum Osterfeuer

„Osterfeuer"	richtige Erklärung	personifizierte Erklärungsebene mit begrifflichen Unschärfen	„Luft" lediglich als Begriff in einem diffusen Argumentationszusammenhang	Fehlerhafte Erklärung	Keine Erklärung
Klassenstufe 2	10 %	32 %	6 %	10 %	42 %
Klassenstufe 3	20 %	59 %	5 %	9 %	9 %

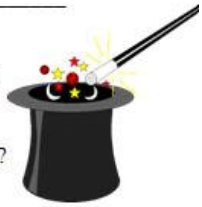
Der Nachtest am Ende der schon eingangs skizzierten ProChem-Einheit sollte aufzeigen, inwiefern nun Kenntnisse der Lernenden erworben, erweitert und ggf. ausgeschärft werden konnten. Hinsichtlich des Fokus der Untersuchung sollte somit ein Zuwachs in den Transferleistungen der Kinder festzustellen sein, der eine erfolgreiche Bearbeitung neuer Problemstellungen ermöglicht, welches im folgenden Konkretisierung erfahren wird.

Name:	Klasse:

...die glückliche Heimkehr muss gefeiert werden!!!

Unsere Freunde sind Dank Eurer Hilfe gesund und munter nach diesen Abenteuern wieder nach Hause zurückgekehrt – das muss gefeiert werden und Ihr seid herzlich eingeladen!
Bunte Luftballons werden prall aufgeblasen und überall im Garten Kapitäns Pasteurs verteilt. Die Sonne scheint und es gibt Süßigkeiten in Massen. Auf einmal...Peng!...ein zweites Peng! Erschrocken blicken sich die Freunde um. Die Luftballons sind zerplatzt – doch wie konnte dies nur passieren??? Hast Du eine Erklärung?

Habt Ihr geahnt, dass Leo Galli magische Kräfte hat??? Er behauptet, dass Wasser zu beherrschen und will es sogleich seinen Freunden beweisen, wobei man sich fragen muss, warum er sich dann so häufig nasse Füße geholt hat. Doch schaut selbst…
Was meint Ihr, ist Leo Galli ein Zauberer oder gibt es vielleicht eine andere Erklärung?



„Es wird Zeit noch einmal die berühmte Curie-Rakete zu zünden, um unserem gesunkenen Schiff die letzte Ehre zu erweisen!“ verkündet der Kapitän ein wenig traurig.
Gesagt getan und schon wird alles zum Start der sagenumwobenen Rakete vorbereitet…
Nur sehr wenige Personen wissen, wie sie funktioniert. Weißt Du es? Zur Erklärung kannst Du auch eine Zeichnung anfertigen…

Auf bald, wenn es an Bord einer neuen Curie geht!

Abbildung 20: Nachtest

Die erste Fragestellung des Nachtests bezieht sich zum einen auf das erste Phänomen des Vortests und lässt somit einen direkten Vergleich hinsichtlich des Lernzuwachses der Kinder zu, als auch zu den angesprochenen Kompetenzen im Rahmen der Geschichte die Kontexte „Schatztaucher“ und insbesondere den „Flaschengeist“ betreffend.

Neben der Betonung der Luft auf stofflicher Ebene als Füllung der Ballons, muss der im Rahmen des Kontextes „Flaschengeist“ untersuchte fachliche Inhalt zur Ausdehnung der Luft bei Temperaturerhöhung zur Deutung herangezogen werden.

Ein Transfer somit von den kontextualisierten Inhalten der Geschichte in eine neue Problemstellung, welches sich keineswegs als „naher Transfer“ darstellt, da der beschriebene Kontext des Nachtests kaum Parallelen zur unterrichtlichen Erarbeitung aufweist. Lediglich die Ballons selbst wurden, wie bereits zuvor erläutert, in den Unterricht einbezogen, um die Ausdehnung der Luft bei Erwärmung anschaulich darzustellen.

Auswertung: „Platzende Luftballons“

„Wärme“ bzw. „Hitze“ wird als Begriff ohne weitere Ausführungen genannt:

- *„von der werme plazen die loftballons.“*
- *„Weil Die Sonne hat Ja Stralen und weil die Sonne heiß ist platzen die Balonks.“*
- *„Sie siend von der werme geplatzt“*
- *„die Luftballons sind zu Heis geworden deswegen sind sie Eingegangen.“*
- *„Die wärme drückt und weil er so prall aufgeblasen ist platzt er.“*
- *„Die Luftballons platzen weil die Sonne die luft in den Luftballons aufwärmt und die Luft wird später ganz heiss dass sie platzen.“*
- *„Die Hitze plässt die Ballong weiter auf und dann plat*

(Klassenstufe 2: 5 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 14 Nennungen [Gesamt: 48 SchülerInnen])

Die Sonne wird als Ursache gesehen, ohne das dies weiter bzw. fachlich richtig ausgeführt wird (Bezug zur Alltagserfahrung, dass die Sonne „zerstörerische Wirkung“ haben kann):

- *„Die Sonne scheint auf die Luftballons“*
- *„Die Sonne erstikt die Luft“*
- *„Die Sone Spiegeld sich im luftbalong und dadurch Platzen sie“*
- *„die Sonne ist su heis und das wegen sidn die Luftballons geplatz“*
- *„die Sonne hat die Luftballons ganz heiß gemacht und Pang.“*
- *„Die Sonne mart wrame luft und das Halb Platzen die balonz“*
- *„Die Sonne ist heiß. So werden die Luftballons zu heiß und platzen.“*
- *„Die Sonne pralt auf die lufperlongs und Dann platzten die lufperlongs“*
- *„Weil die Sonnen stralen auf die Luft Balons geblendt haben.“*
- *„Die Ballons sind zerplatzt weil, die Heise sonne hat auf die Gummimassen gedrückt und dann sind sie geplatzt. Und die Gummimasse war schon so dünn.“*

- *„Die Sonne ist warm und wenn sie auf die Luftballons geht dann mach sie kleines Loch in den Luftballons und dann plazen sie.“*
- *„Der druk der Sonne der strallt an die Ballons an. Dann werden die Ballons heiß und dan platzt er.“*

(Klassenstufe 2: 13 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 14 Nennungen [Gesamt: 48 SchülerInnen])

Warme Luft gelangt von außen in den Ballon:

- *„in den Balong kommt Warme luft rein und dan plazt der Balong“*
- *„Die Sonne über denn Luftballons drückt die heiße Luft auf die Luftballons und dann Platzen die ballons.“*
- *„Die Sonne drückt die Heiße Luft so das Der Ballon zerplat“*
- *“durch die Wame luft der Sonne komt noch mer luft in die Balongs und sie Platzen.“*

(Klassenstufe 2: 5 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 3 Nennungen [Gesamt: 48 SchülerInnen])

Ballons zu stark aufgeblasen (Alltagserfahrung), wobei der Aspekt der Sonneneinstrahlung nicht berücksichtigt wird:

- *„Er Hat sie zu dol aufgeblasen und Der Balong ist Dan zerplatzt“*

(Klassenstufe 2: 3 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 2 Nennungen [Gesamt: 48 SchülerInnen])

Richtige Erklärung:

- *„Die Sonne ist sehr heiß! Die Luftballons sind aufgeblasen bis keine Luft mehr rein kann. Die Sonne scheint auf sie und die Luft verbreitet sich zum Schlus ist so viel Luft drinen das sie blatzen!“*
- *„Der Luftballon platz weil da zu viel luft ist und die Luft muss sich ausbreiten.“*
- *„Die Sonne währmt die Luft in den Luftbalong Und so Platzt der Luftbalong“*
- *„Durch die Sonne sie wermt den Luftballons und die heise Luft braucht mehr platz und dan platzt der Luftballon.“*
- *„Die Luft im Luftballon wird warm. Die warme Luft will raus. Deshalb platz der Luft Ballon. Weil die Luft nicht genügent Platz hat.“*

(Klassenstufe 2: 0 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 11 Nennungen [Gesamt: 48 SchülerInnen])

Keine Erklärung:

(Klassenstufe 2: 5 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 5 Nennungen [Gesamt: 48 SchülerInnen])

Die vorliegende Auswertung zeigt zunächst in Klassenstufe zwei ein dominierendes Modell der Sonne als Ursache des Platzens der Ballons, welches sicherlich auf eine forcierte Betrachtung der Sonne hinsichtlich ihrer schädlichen Wirkung in der Lebenswelt der Kinder und alltäglicher Erfahrungen beruht. Die Akzeptanz dieses Modells nimmt zwar im Vergleich zur Klassenstufe drei ab, stellt sich aber immer noch insofern als dominant heraus, als dass das im Rahmen des ProChem-Ansatzes entwickelte Konzept der Ausdehnung warmer Luft nicht als tragfähig herangezogen wird. So würde letzteres eine Argumentation auf einer nichtsichtbaren Ebene des Stoffes „Luft“ erfordern, welches zugunsten der offensichtlicheren Sonnenstrahlen zurückgedrängt wird.

Während die jüngeren SchülerInnen in keinem Fall eine richtige Deutung formulierten, gelang dies in der nachfolgenden Klassenstufe immerhin 23 % der Kinder. Auffällig ist zudem in beiden Gruppen, dass überwiegend Kräfte von außen zur Erklärung herangezogen werden, so - neben der Sonneneinstrahlung - die von außen in den Ballon gelangende „warme Luft“, oder aber im Zusammenhang mit den personifizierten Formen von „Wärme“ bzw. „Hitze“.

Auch hier zeigt sich der schon zuvor ausgeführte Aspekt, dass die Kinder die Vorgänge im Balloninneren nicht sehen können und somit auf der für sie sichtbaren äußeren Ebene der umgebenen Umwelt der Ballons in ihrer Argumentation bleiben. Kattmann sieht dies als notwendig an (Kattmann 2005, S. 171): *„Diese Selbstveranschaulichung des Unsichtbaren und Abstrakten scheint nötig zu sein, um sich die Sachverhalte verständlich zu machen. Aufgrund fehlender Anschauung werden die Anthropomorphien hier imaginiert.“*

Tabelle 13: Auswertung der ersten Fragestellung des Nachtests „Platzende Luftballons“

„Platzende Luftballons“	„zerstörerische Wirkung der Sonne“	Ursache in äußeren Einwirkungen, so „warmer Luft“, welche von außen in den Ballon gerät, bzw. personifizierten Formen von „Wärme“ und „Hitze“	Richtige Erklärung	Ursache in den Ballons selbst (zu stark aufgeblasen)	Keine Erklärung
Klassenstufe 2	42 %	32 %	0 %	10 %	16 %
Klassenstufe 3	30 %	35 %	23 %	4 %	6 %

Die sich anschließende zweite Fragestellung des Nachtests greift den in der Einheit immanenten Aspekt „Luft ist nicht Nichts!“ auf, wodurch der stoffliche Charakter der unsichtbaren Luft unterstrichen wird. Diese geforderte hohe Abstraktion von den Kindern, meint die Argumentation auf einer unsichtbaren Ebene, wird an dieser Stelle erneut eingefordert. Der durch den Versuchsaufbau und dem damit zu erläuternden Phänomen eingeforderte Transfer weist Parallelen zur entwickelten „Taucherglocke“ in der Einheit selbst auf, nur quasi „umgedreht“.

Auswertung: „Magische Flasche“

Richtige Erklärung (ggf. Handlungsanweisung):

- *„wenn mann die Flasche zadrükt kommt die luft heraus und das wasser rein.“*
- *„Die luft lest das wasser nicht in die fasche, wenn Mann dauf drückt get die luft nach drausen nun kann das wassser fizen.“*
- *„In der Flasche ist Luft darum kann das Wasser nicht rein! Drükt man auf die Flasche geht ein bissen Luft raus so kann ein bisschen Wasser wieder rein! Und immer so weiter“*
- *„In der Flasche ist Luft drine und wen man die Flasche drückt kommt die Luft raus und das Wasser hat mehr platz.“*

(Klassenstufe 2: 17 Nennungen (55%) [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 24 Nennungen (50%) [Gesamt: 48 SchülerInnen])

Fehlerhafte Ursache-Wirkung-Beziehung:

- *„Die Luft zieht das wasa runder“*
- *„Wen man drauf drückt dan blubert es luf kommt rein“*
- *„Er kann nicht Zaubern weil wenn mann dadrauf druck kommt die Luft nach oben es blubert und die Luft geht wieder nach unten“*
- *„Die Luft ist draißen dan ist das Wasser schnell raus gehgangen. Und fen die Luft drin ist dan geht das Wasser langsam raus.“*

(Klassenstufe 2: 3 Nennungen (9%) [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 4 Nennungen (8%) [Gesamt: 48 SchülerInnen])

Nur Beobachtung wird rekapituliert:

- *„die luft wenn man es drukt dan fliet das waser rein“*
- *„Wenn er auf die Flasche druckt dann fliesst wieder Wasser.“*

(Klassenstufe 2: 1 Nennung (3%) [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 9 Nennungen (19%) [Gesamt: 48 SchülerInnen])

Diffuse Deutung über den Begriff des Drucks:

- *„Der Luftdruck das wasser indie magische flasch Hinain.“*
- *„Der Luftdruck geht raus und das Wasser geht rein. Deswegen flist das Wasser schneller“*

(Klassenstufe 2: 7 Nennungen (23%) [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 8 Nennungen (17%) [Gesamt: 48 SchülerInnen])

Keine Erklärung:

(Klassenstufe 2: 3 Nennungen (10 %) [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 3 Nennungen (6 %) [Gesamt: 48 SchülerInnen])

Die Ausarbeitungen der Kinder zu dieser zweiten Aufgabe stellen sich als sehr erfolgreich heraus, so dass von einem erfolgreichen Transfer im erwarteten und zuvor geschilderten Zusammenhang gesprochen werden kann. Ein Vergleich mit den Ergebnissen des Vortests, genauer mit den Erklärungen zum Phänomen der "Flasche unter dem Wasserhahn", zeigt einen deutlichen Erkenntniszuwachs in Klassestufe zwei von 6 % richtiger Erklärungen in dem analogen Problem des Vortests und nun 55 % richtiger Deutungen.

Tabelle 14: Auswertung der zweiten Fragestellung des Nachtests „Magische Flasche“

„Magische Flasche“	fehlerhafte Ursache-Wirkung-Beziehung	lediglich Beobachtung wird rekapituliert	Richtige Erklärung	diffuse Deutung über den Begriff des Drucks	Keine Erklärung
Klassenstufe 2	9 %	3 %	55 %	23 %	10 %
Klassenstufe 3	8 %	19 %	50 %	17 %	6 %

Demgegenüber zeigt sich ein Rückgang des Anteils der SchülerInnen der Klassenstufe drei, die richtige Erklärungen formulieren. Dies scheint bedingt durch ein unklares Verständnis bzw. einer diffusen Differenzierung zwischen Beobachtung und Deutung Begründung zu finden, da ein entsprechender Anteil der Lernenden lediglich ihre Beobachtungen formulierten. Hier ist sicherlich weitere unterrichtliche Arbeit notwendig und damit ein vertiefter, kohärenter Unterrichtsgang zur naturwissenschaftlichen Grundbildung.

Im dritten und letzten Teil des Nachtests wird die "Teebeutelrakete" präsentiert und damit eine inhaltlich parallele Problemstellung zur Osterfeuersituation geschaffen.

Auswertung: „Teebeutelrakete“

Das Feuer wird als Ursache gesehen, indem es - teilweise personifizierend betrachtet - eine „Kraft“ hat, die die „Rakete“ nach oben befördert:

- *„Weiel es Verbrent drukt das feuer auf den Tisch und dan fligt es hoch“*

(Klassenstufe 2: 5 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 6 Nennungen [Gesamt: 47 SchülerInnen])

Richtige Erklärung:

- *„Wen man den Tee beutel anmct die wameLuft geht nach oben dang et der Teebeutel auch nachoben“*
- *„Die Kalteluft wird Warm und Die kakete fligt los“*
- *„Das Feuer ist warm und lasst das Papier nach oben steigen.“*(s. Abb.)

- *„weil wegen die warem Luft braucht platz das wegen geht es hoch“*
- *„Warme Luft geht nach oben, weil kalte Luft nicht so viel platz braut warme Luft aber schon und so ist es auch bei der Rakte“*

Teilweise sprachliche Mängel:

- *„Duchs anzünden wird wärme druck erzeugt Dieser Druck befördert die Rakete nach oben, den wärme ist leichter als kälte.“*
- *„Es steigt weil warme Luft leichter ist als kalte Luft.“*

(Klassenstufe 2: 8 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 16 Nennungen [Gesamt: 47 SchülerInnen])

Entstehender „Staub“ ist leicht und steigt auf (Alltagserfahrung):

- *Das Feuer Macht denn Staub geht Nach oben“*

(Klassenstufe 2: 4 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 1 Nennung [Gesamt: 47 SchülerInnen])

„(Luft-)Druck“:

- *„Das Papier ist verbrant und der Luftdruck hat es nach oben gezogen.“*
- *„Der Beutel nimmt druck auf und so wird der Beutel in die Luft hoch geschosen.“*

(Klassenstufe 2: 2 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 4 Nennungen [Gesamt: 47 SchülerInnen])

Lediglich Beobachtungen werden geschildert:

- *„wenn man den Teebeutel anzunden dein fliegt der Teebeutel nach oben“*

(Klassenstufe 2: 3 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 15 Nennungen [Gesamt: 47 SchülerInnen])

(Falsche) Deutung entbehrt jeglichem Bezug zu den Beobachtungen:

- *„In der Rakete ist Holz unten Drien. Mann muss das Holz anzünden und dann steigt die Rackete nach oben.“*(s.Abb.)

- *„Der Tee Beutel ist nach oben Weil der Sauerstof zu vil und darum ist der Tee Beutel nach oben geflogen!“*

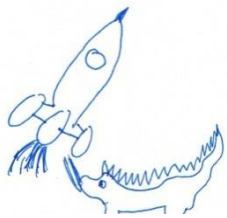
(Klassenstufe 2: 2 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 1 Nennung [Gesamt: 47 SchülerInnen])

Keine Erklärung:

(Klassenstufe 2: 9 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 2 Nennungen [Gesamt: 47 SchülerInnen])

Verhaftung im Erzählerischen kann nicht gelöst werden:

- *„Der Drache zündet das Feuer an und die Rakete geht los!“*(s. Abb.)



(Klassenstufe 2: 2 Nennungen [Gesamt: 31 SchülerInnen]; Klassenstufe 3: 2 Nennungen [Gesamt: 47 SchülerInnen])

Auch diese Bearbeitungen unterstreichen einen Lernzuwachs bei den Kindern, so ist der Anteil richtiger Erläuterungen in der Klassenstufe zwei von 10 % auf 26 % und in der Klassenstufe drei von 20 % auf 34 % gestiegen. Dies unterstreicht, dass der Inhalt des Ausschnitts von ProChem erfolgreich in neuen Problemstellungen, wie hier im Rahmen der "Teebeutelrakete" von einer Vielzahl der Lernenden angewandt werden konnte.

Ebenso sei angemerkt, dass das erzählerische Moment der Geschichte den Inhalt offensichtlich nicht dominiert hat und somit die Lernenden die Parallelität in anderen Problemstellungen erkennen und dadurch den fachlichen Inhalt übertragen konnten. Ebenso festzustellen ist, dass die fehlerhaften Deutungen unter Bezugnahme auf die Begriffe "Druck", "Staub" und "Feuer" eine bereits zuvor festgestellte alltägliche Präsenz zeigen, die offensichtlich nur schwer durch neue Deutungen ersetzt werden kann. So sei kritisch ausgeführt, dass sich diese für die Lernenden auch weiterhin als tragfähig erwiesen im Gegensatz zu einer anzunehmenden unsichtbaren Ebene der warmen Luft.

Das Phänomen hochgewirbelten Staubs kann im Alltag beobachtet werden und auch der verbrannte Teebeutel somit mit diesem gleichgesetzt werden. Auch die Ausführungen zum Feuer als Ursache des Beobachteten bzw. als ursächliche Kraft ist insofern verständlich, als dass ein assoziierter Raketenstart ebenfalls mit einem Rückstoßprinzip abläuft, von dem der Zuschauer das Feuer sieht und damit die scheinbar treibende Kraft auch dieser "Teebeutelrakete" identifiziert ist. Letzteres unterstreicht die angenommene Suche nach Parallelität, wenn eine neue Problemstellung vom Lernenden zu lösen ist.

Tabelle 15: Auswertung der dritten Fragestellung des Nachtests „Teebeutelrakete“

„Teebeutelrakete“	**Richtige Deutung des Phänomens**	**Fehlerhafte Deutungen über die Begriffe „Feuer“, „Druck“ bzw. „Staub“**	**Lediglich Wiedergabe von Beobachtetem**	**Falsche Deutung ohne jeglichen Bezug zum Phänomen**	**Erzählerisches Element dominiert Deutung**	**Keine Ausführungen**
Klassenstufe 2	26 %	29 %	10 %	6 %	0 %	29 %
Klassenstufe 3	34 %	23 %	32 %	2 %	4 %	4 %

Deutlich hervorzuheben ist das Problemlöseverhalten der Kinder nach dieser kurzen Einheit. Bei nahezu allen Aufgaben sanken die Anteile fehlender Bearbeitungen und dies in Klassenstufe zwei um 6 % und in Klassenstufe drei um 4 % gegenüber dem Vortest. Die Toleranz und die Bereitschaft zur Auseinandersetzung mit neuen Problemstellungen haben somit zugenommen, vielleicht durch einen persönlichen Kompetenzzuwachs und damit verbunden einem gesteigerten Selbstvertrauen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass zunächst auffällig in Klassenstufe zwei ist, dass kein kohärentes Konzept bei den Kindern in diesem Bereich vorhanden ist. Vielmehr haben die Lernenden offensichtlich keinerlei Schwierigkeiten je nach Problemsituation

unterschiedliche Erklärungsebenen heranzuziehen, was ich im Folgenden noch Näher ausführen möchte.

Die erste Fragestellung, welche das Phänomen des „Heißluftballons über dem Toaster“ aufgreift, wird sicherlich in dieser Weise noch nicht Teil lebensweltlicher Erfahrungen der Kinder gewesen sein. So ist es auch zu erklären, dass ein Großteil der Kinder lediglich ihre Beobachtungen (10 %) schildert bzw. diese insbesondere Verknüpfung finden mit der Ausdehnung des Sacks und dem Aufblasen eines Ballons, welcher ebenfalls aufsteigen kann, so für die Kinder zu beobachten bei den edelgasgefüllten Jahrmarktballons (30 %).

So wird die abstrakte Ebene der unsichtbaren Luft im Zusammenhang mit diesem Phänomen zwar beschritten, jedoch offensichtlich nur, da eine lebensweltliche Erfahrung mit den Beobachtungen assoziiert werden kann. Ein tragfähiges Konzeptverständnis liegt nicht vor, wird es doch in nachfolgenden Problemstellungen nicht herangezogen. Die „Hitze“ des Toasters bzw. die auftretende „Wärme“ werden als Erklärungsmodelle in personifizierter Form von der Mehrheit der Kinder zur Deutung herangezogen (60 %).

Diese scheinen aber keineswegs gefestigt, da auch hier keine Kohärenz in den Antworten erkannt werden kann. Nun soll der Nachtest hinzugezogen werden, zunächst unter der Fragestellung ob sich nun kohärente Erklärungsmodelle finden. Immerhin finden sich bei 13 % der Zweitklässler richtige und kohärente Erklärungsmodelle, die somit erfolgreich zur Bearbeitung aller drei Problemstellungen herangezogen werden. Vergleicht man bei diesen Kindern Vor- und Nachtest, fällt auf, dass sie bereits im Vortest „Luft“ bzw. „heiße Luft“ als Erklärung annahmen, dies jedoch nicht einheitlich in analogen inhaltlichen Zusammenhängen vermochten umzusetzen.

Vergleicht man nun die einzelnen Aufgaben bezüglich ihrer inhaltlichen Anforderungen, so zeigt ein direkter Vergleich, dass nach dem Ansatz von ProChem ein verschwindend geringer Prozentsatz auf der beschreibenden Ebene bleibt (3 %), welche auch im Vortest bei vergleichbarer Anforderung nur Beobachtungen formulierten. Das im Zusammenhang mit dieser Problemstellung sehr dominante Modell der „Luft“ im konkreten Sinne der aufgeblasenen Ballons, wird ebenfalls stark zurückgedrängt (3 %), so dass eine deutliche Verschiebung zum abstrakteren Erklärungsansatz der ursächlichen „warmen Luft“ festzustellen ist (93 %). Einschränkungen seien aber an dieser Stelle explizit formuliert. Wie bereits im vorangegangenen Teil der Evaluation ausgeführt, wird hier eine offensichtlich dominante lebensweltliche Erfahrung der Kinder – die zerstörerische Wirkung der Sonne und der mit ihr verbundenen fühlbaren Wärmeentwicklung – zur Deutung ausgeführt. Die Alltagserfahrung der Kin-

der dominiert somit ein Konzept und wird dadurch teilweise durch lebensweltliche Unschärfen der Deutung ungenau erfasst. Duit führt zur Rolle der Alltagserfahrungen aus (Duit 1991, S. 237): *„Die Rolle […] ist ambivalent. Auf der einen Seite erschweren die von ihnen bereitgestellten Sichtweisen das Erlernen der naturwissenschaftlichen Begriffe und Prinzipien. Auf der anderen Seite aber sind sie unverzichtbarer Ausgangspunkt des Lernens zur naturwissenschaftlichen Sicht. Sie „behindern" also das Lernen, sind aber auch notwendige Anknüpfungspunkte des Lernens, stellen also - bildlich gesprochen - die Bausteine bereit, die benötigt werden, um neues Wissen aufzubauen."*

Diese lebensweltliche Dominanz in den Erklärungen der Kinder zeigt sich auch in besonderem Maße in der zweiten Fragestellung des Vortests. Ein den Kindern präsentes Phänomen ruft ein Handlungskonzept hervor, einen „Tipp" um die unerwünschte Erfahrung zu umgehen. Die Ursache hierfür wird allerdings nicht hinterfragt, so dass ein stoffliches Konzept - zumal auf nichtsichtbarer Ebene - nicht zur kompetenten Lösung des Problems benötigt wird. Im Anschluss an den unterrichteten Ausschnitt des ProChem-Ansatzes ist nun zu überprüfen, inwiefern ein Lernzuwachs von den Kindern erreicht wurde, so dass eine abstrakte Ebene – die Akzeptanz des stofflichen Charakters eines unsichtbaren „Stoffes", der Luft – Formulierung in der Deutung des Phänomens der „magischen Flasche" findet.

Alle Kinder der Lerngruppen der Klassenstufe zwei vermögen die Luft als Ursache anzugeben. Hier seien allerdings qualitative Unterschiede in der Abstraktion angeführt. Die Rede vom „Luftdruck", explizit der Begriff des „Drucks", lässt noch mehr Anschauung zu, als eine Erklärung, die diesen Begriff und damit eine teilweise personifizierende Betrachtung auf der Basis eines Kraftverständnisses umgeht. Die Gewichtung beider Anteile in der Stichprobe zeigt eine klare Dominanz der stofflichen Ebene der Luft (62 %). Im Falle letzterer Gruppe hoher Abstraktion kann festgestellt werden, dass diese einen außerordentlich großen Lernzuwachs in der bereits zuvor ausgeführten Weise erworben haben und dieses neue Konzeptverständnis zudem anwenden konnten, im Zusammenhang mit dieser Problemstellung.

Zur Untersuchung der letzten Frage des Vortests seien die nachfolgenden Antwortmuster unterschieden. Zum einen eine personifizierende Betrachtung der „Wärme" bzw. „heißer Luft" oder „Hitze" (50 %), eine Argumentation über die geringe Masse trockenen bzw. brennenden Laubes (10 %) und keine Ausführungen (40 %).

Ein Vergleich mit der entsprechenden fachinhaltlichen Frage des Nachtests, der „Teebeutelrakete", weist ebenfalls drei Erklärungsmodelle auf. Zum einen eine reine phänomenologische Betrachtung bzw. fehlende Ausführungen (48 %), zum anderen einen Begründung über die Masse des entstehenden „Staubes" (14 %) und eine fachlich richtige Erklärung über die

„heiße Luft“ (38 %). Es fällt auf, dass der Anteil fehlender Ausführungen ebenso gestiegen ist, wie die Argumentation über den entstehenden Staub zum Nachteil der ursächlichen Wärmentwicklung. Offensichtlich dominiert das lebensweltliche Phänomen des Massenvergleichs weiterhin ein vermeintlich erarbeitetes Konzept, so dass resümiert werden kann, dass offensichtlich die Konzeption selbst noch nicht so fest verankert ist, wie das transparente und lebensweltlich stets zu beobachtende Phänomen aufgewirbelten Staubes. Der intentdierte Konzeptwechsel („conceptual change“) gelingt somit in diesem Fall nicht, wobei der Begriff selbst kritisch zu betrachten ist. Duit führt hierzu aus (Duit 1997, S. 240): *„Es hat sich aber gezeigt, daß ein solcher Austausch nicht stattfindet […]. In aller Regel lassen sich die vorunterrichtlichen Vorstellungen nicht einfach auslöschen und durch die wissenschaftlichen Vorstellungen ersetzen. Die vorunterrichtlichen Vorstellungen haben sich schließlich in vielen Alltagssituationen bestens bewährt – und sie werden in Alltagssituationen ständig neu unterstützt.“*

Um den eingangs formulierten Fokus der Untersuchung von ProChem der Förderung von Transferleistungen noch eingehender untersuchen zu können, soll im Folgenden die individuelle Konzeptentwicklung der Lernenden Betrachtung finden. Hierzu werden Matrizen eingesetzt, die die Konzeptentwicklung und somit auch den Transfer von Vorwissen bzw. erlernter Inhalte in neue Problemstellungen aufzeigen. Der bereits zuvor ausformulierte Vergleich der Aufgaben aus Vor- und Nachtest inhaltlich analoger Anforderungen soll im Rahmen der nachfolgend dargelegten Matrizen eine Entwicklung aufzeigen. Abgeleitet von den Kategorien aus Vor- und Nachtest der jeweiligen Teilaufgabe ergibt sich die nachfolgende Matrix zum inhaltlichen Bereich der Ausdehnung warmer Luft, wobei die Zeilen dem Vortest und die Spalten dem Nachtest entsprechen, die Probanden selbst wurden durchnummeriert.

Tabelle 16: Matrix zum Inhaltsbereich der Ausdehnung warmer Luft (Klassenstufe 2)

Nachtest (Spalten) **Vortest (Zeilen)**	**Richtige Erklärung über die Ausdehnung warmer Luft.**	**Lediglich Beschreibung des Phänomens selbst.**	**Einflüsse von außen (Wind bzw. zerstörerische Wirkung der Sonne).**	**Keine Ausführungen**
Richtige Erklärung über die Ausdehnung warmer Luft.	1 (Zahlencode des Kindes) 22		3 4 9	

Nachtest (Spalten) Vortest (Zeilen)	Richtige Erklärung über die Ausdehnung warmer Luft.	Lediglich Beschreibung des Phänomens selbst.	Einflüsse von außen (Wind bzw. zerstörerische Wirkung der Sonne).	Keine Ausführungen
Lediglich Beschreibung des Phänomens selbst.	-	-	-	-
Einflüsse von außen (Wind bzw. zerstörerische Wirkung der Sonne).	6 7		2 5 8 17 23	16 21
Keine Ausführungen	11 20		10 12 14 15 19 24	13 18

Die Tabelle unterstreicht die bereits zuvor ausgeführte Dominanz lebensweltlicher Anschauung bzw. eines alltäglichen Erklärungskonzepts im Sinne einer zerstörerischen Wirkung der Sonne, welche auch ein im Vortest richtig abstrahiertes Modell der Ausdehnung warmer Luft verdrängt. So weichen 60 % der Kinder, welche im Vortest ein fachlich richtiges Konzept der Ausdehnung warmer Luft formulierten, auf Einflüsse von außen in der fachinhaltlich analogen Problemstellung des Nachtests aus. Während sich die Approximation äußerer Einflüsse bei fünf der insgesamt 24 evaluierten Probanden (21 %) schon im Vortest zeigt, finden sich vor allem diejenigen Kinder in der Gruppe wieder, die im Vortest keine Ausführungen formulieren konnten (25 %). Letztere verweist auf eine offensichtlich erfahrungsnähere Problemstellung im Nachtest, die lebensweltliche Erklärungsmodelle aktiviert, wohingegen der „Heißluftballon über dem Toaster“ jeglichen Vorerfahrungen bzw. Beobachtungen entbehrte. Dies unterstreicht auch die Aussage Kattmanns (Kattmann 2005), welcher die unterschiedliche Ausprägung von Anthropomorphismen durch variierende sinnliche Wahrnehmungen und soziale Erfahrungen deutet.

Die Ergebnisse legen die Schlussfolgerung nahe, dass das erarbeitete Konzept im Rahmen der Einheit noch nicht ausgiebig in der Kürze der Zeit gefestigt werden konnte und so z. T. noch durch anschaulichere Erfahrungsmodelle überlagert werden kann.

Positiv hervorzuheben ist, dass lediglich ein verschwindend geringer Anteil der Lernenden sowohl im Vor- als auch im Nachtest keine Erläuterungen zu formulieren vermag (8 %), was

erneut auf eine erhöhte Motivation zur Problemlösung schließen lässt. In besonderer Weise zu erwähnen sind jene Kinder, welche im Vortest äußere Einflüsse assoziierten bzw. keine Erklärungen zu geben vermochten und die nun ein fachlich richtiges Konzept der Ausdehnung warmer Luft zur Deutung heranziehen (17 %). Dies bedeutet einen entscheidenden Lernzuwachs durch den nach dem ProChem-Ansatz unterrichteten fachlichen Inhalt und zudem die Anwendbarkeit, meint den Transfer des Gelernten auf neue Problemstellungen wie hier im Nachtest.

Aus denen im vorangegangenen Teil der Evaluation abgeleiteten Tabellen ergibt sich nachfolgende Matrix für die zweite Fragestellung von Vor- und Nachtest.

Tabelle 17: Matrix zur zweiten Fragestellung in Vor- und Nachtest (Klassenstufe 2)

Nachtest (Spalten) **Vortest (Zeilen)**	**Richtige Erklärung über die stoffliche Ebene des unsichtbaren Stoffes „Luft“.**	**Lediglich Beschreibung des Phänomens selbst.**	**Lediglich Formulierung von Handlungs-Anweisungen (Alltagserfahrungen).**	**Deutung über diffuse Verwendung des Begriffs „Druck“.**	**Keine Ausführungen**
Richtige Erklärung über die stoffliche Ebene des unsichtbaren Stoffes „Luft“.					1
Lediglich Beschreibung des Phänomens selbst.	18			21	
Lediglich Formulierung von Handlungs-Anweisungen (Alltagserfahrungen).	24 23 15 13 11 3 10 8 7 5 6			16 20 17 14	2

Nachtest (Spalten) Vortest (Zeilen)	Richtige Erklärung über die stoffliche Ebene des unsichtbaren Stoffes „Luft“.	Lediglich Beschreibung des Phänomens selbst.	Lediglich Formulierung von Handlungs-Anweisungen (Alltagserfahrungen).	Deutung über diffuse Verwendung des Begriffs „Druck“.	Keine Ausführungen
Deutung über diffuse Verwendung des Begriffs „Druck“.	22				
Keine Ausführungen	19 4 12			9	

Die Matrix zeigt ein deutliches Gewicht (46 %) auf dem Feld der Formulierung von Handlungsanweisungen und damit der Rekapitulation von Alltagserfahrungen und einer im Nachtest im analogen Inhaltsbereich richtigen Erklärung über die stoffliche Ebene der unsichtbaren Luft. Ein solch hoher Lernzuwachs und Steigerung der Abstraktionsfähigkeit der Lernenden verbunden mit einem Transfervermögen des erlernten zentralen Inhalts der Einheit in eine neue Problemstellung kann als äußerst positiv bewertet werden.

Die anfängliche Dominanz der lebensweltlichen Vorerfahrungen der Kinder (67 %) kann zugunsten eines abstrakten naturwissenschaftlichen Modells zurückgedrängt werden. Gründe hierfür sind sicherlich in der Problemstellung selbst zu finden, welche im Vortest in viel stärkerem Maße auf alltägliche Beobachtungen der Kinder verwies und hieraus Handlungsanweisungen hervorgerufen wurden als dies durch die Problemstellung des Nachtests gegeben war.

Ebenso zu erwähnen ist die Gruppe von Lernenden, welche aus ursprünglich ausgeführten Handlungsanweisungen und somit fehlender ursächlicher Betrachtung eine diffuse Deutung mit Hilfe des Begriffs „Druck“ versuchen. Der Begriff selbst ist sicherlich personifiziert und lebensweltlich geprägt und stellt somit eine vermeintliche Zwischenebene dar, hin zu einer in einem möglichen weiteren Unterrichtsgang zu festigenden Modellvorstellung auf der unsichtbaren Ebene des Stoffes „Luft“. Besonders hervorgehoben seien jene Kinder (knapp 13 %), welche von fehlenden Ausführungen die direkte Leistungssteigerung zum erwarteten Niveau der richtigen Erklärung vollzogen haben. Ihr Lernzuwachs sowie ihr Transfervermögen haben die maximale Steigerung durch die unterrichtete Einheit erfahren.

Tabelle 18: Matrix zur dritten Fragestellung in Vor- und Nachtest (Klassenstufe 2)

Nachtest (Spalten) Vortest (Zeilen)	Richtige Erklärung über die entstehende, aufsteigende warme Luft.	Lediglich Beschreibung des Phänomens selbst.	Die Wärme/ Hitze bzw. das Feuer/ der Rauch wird in einer personifizierten, stofflichen Form als Ursache herangezogen.	Deutung über diffusen Argumentationszusammenhang mit den Begriffen „Luft“ bzw. „Druck“.	Ursache wird in der Masse, oder anderen Eigenschaften des brennenden Materials gesehen.	Keine Ausführungen
Richtige Erklärung über die entstehende, aufsteigende warme Luft.	17 10					11
Lediglich Beschreibung des Phänomens selbst.			4			
Die Wärme/Hitze bzw. das Feuer/ der Rauch wird in einer personifizierten, stofflichen Form als Ursache herangezogen.	8 22		7 12 5		14 9 24	15 13
Deutung über diffusen Argumentationszusammenhang mit den			16			

Nachtest (Spalten) / Vortest (Zeilen)	Richtige Erklärung über die entstehende, aufsteigende warme Luft.	Lediglich Beschreibung des Phänomens selbst.	Die Wärme/ Hitze bzw. das Feuer/ der Rauch wird in einer personifizierten, stofflichen Form als Ursache herangezogen.	Deutung über diffusen Argumentationszusammenhang mit den Begriffen „Luft“ bzw. „Druck“.	Ursache wird in der Masse, oder anderen Eigenschaften des brennenden Materials gesehen.	Keine Ausführungen
Begriffen „Luft“ bzw. „Druck“.						
Ursache wird in der Masse, oder anderen Eigenschaften des brennenden Materials gesehen.			6		21	
Keine Ausführungen	3				2	1 20 18 19 23

Ein relativ hoher Anteil an Kindern der Klassenstufe (29 %) vermochte im Vortest keine Ausführungen zum fachlichen Inhalt darzulegen, jedoch vermögen die deutliche Mehrheit dieser auch im Nachtest keine Deutung zu formulieren (71 %), so dass ein unterrichtlicher Erfolg in der angestrebten Weise eher negativ zu bewerten ist. Es sollte jedoch der bereits erwähnte hohe Schwierigkeitsgrad der Problemstellung sowohl im Vor- als auch im Nachtest berücksichtigt werden.

Lediglich 14 % der Stichprobe zeigen den höchsten anzunehmenden Lernerfolg, indem sie zunächst keine Aussagen machen konnten und nun das abstrakte Modell der entstehenden und aufsteigenden, unsichtbaren warmen Luft als Ursache deuten können. Eine richtige Erklärung fand sich im Vortest bei knapp 13 % der Probanden der Stichprobe, wobei nur ein

Drittel dieser das schon als Vorwissen angewandte Konzept nicht auf die „Teebeutelrakete“ im Nachtest erneut anwenden konnten.

Gründe hierfür können nur assoziiert werden und können vor allem im Phänomen selbst gesehen werden, welches keine Assoziationen aus lebensweltlichen Beobachtungen und somit vorhandenen Konzepten zulässt. Ebenfalls zu diskutieren ist der Anteil der Stichprobe, der zunächst ein personifizierendes, stoffliches Verständnis der Begriffe Wärme/Hitze bzw. Feuer/Rauch ausführt (42 %).

Als Erfolg kann gewertet werden, dass immerhin ein Anteil von 20 % hieraus ein naturwissenschaftliches Konzept ausschärft, 30 % aber auf dieser Erklärungsebene verbleiben und ebenfalls 30 % in eine wahrscheinlich alltäglich geprägte, ursächliche Betrachtung der Masse des entstehenden Staubes ausweicht. Auffällig im Rahmen dieser Aufgabe ist der relativ hohe Anteil fehlender Ausführungen (33 %), was den hohen Anspruch dieser Aufgabe unterstreicht, der sich auch in der ersten Aufgabe des Vortests nachweisen lässt (42 %).

In Klassenstufe drei kann im Vortest bei 39 % der Probanden ein kohärentes Konzept festgestellt werden, wobei angemerkt sei, dass personifizierende Begriffe verwandt werden, um die abstrakte, nichtfassbare Ebene, also eine Argumentation über den unsichtbaren Stoff „Luft“ zu umgehen. Im Nachtest zeigt sich bei nur 9 % aller Kinder ein zusammenhängendes Konzept, wobei in der nachfolgenden Arbeit mit den Matrizen diese Phänomene weiter zu ergründen sind. Sicherlich kann als eine mögliche Ursache die Dominanz lebensweltlicher Phänomene und damit die Assoziation mit alltagsrelevanten Erklärungsmodellen angenommen werden kann.

Die erste Fragestellung des Vortests „Der Heißluftballon über dem Toaster“ unterscheidet sich in den Antwortkategorien insofern von denen der zweiten Klasse, als dass hier auch vielfach der Begriff des „Drucks“ Verwendung findet und dies offensichtlich in einer Fortführung der Personifizierung der ursächlichen „warmen Luft“ (20 %). Eine solche Personifizierung stellt sich vor dem Hintergrund der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens als konseqeunt heraus. Kattmann führt hierzu aus (Kattmann 2005, S. 167): *„[…] Vorstellungen* [sind] *durch menschliche Grunderfahrungen geprägt und damit unvermeidbar anthropomorph […]. Daraus ergibt sich zwingend, dass nicht jede Vermenschlichung unangemessen ist.“* Kattmann betont die existentielle Bedeutung jener antropomorphen Vorstellungen als Ausgangspunkt des Lernprozesses (Kattmann 2005, S. 173): *„Ohne anthropomorphe Vorstellungen können wir nicht lernen. Anthropomorphien sind also nicht zu vermeiden, sondern durch geschickte Auswahl zu nutzen (vgl. Watts & Bentley 1994, S. 88).“*

Eine Aufgabe der Einheit sollte es somit sein, diese der Alltagssprache entliehenen und vielfach fachlich ungenau verwendeten Begriffe im Rahmen der Einheit auszuschärfen. Im Vergleich mit der Klassenstufe zwei ist der Anteil der Kinder, welche lediglich ihre Beobachtungen wiedergeben, stark zurückgegangen (auf knapp 5 %), so dass hier bereits eine Tendenz bzw. eine Bestrebung zum Finden von Erklärungsmodellen festgestellt werden kann, die selbstverständlich zunächst der Lebenswelt entliehen sind, wie auch das zu beobachtende Phänomen aufsteigender, aufgeblasener Jahrmarktballons.

Der Anteil dieses Modells an den vorliegenden Erklärungsmustern, welches die Ursache im Füllen bzw. Aufblasen des Sacks sieht, ist mit 25 % ebenfalls leicht gesunken. Die Hälfte der befragten Kinder erläutert schon einen Zusammenhang über die „warme/heiße Luft“, auch wenn die Abstraktion sicherlich noch Einschränkungen zeigte. Inwiefern sich hier nun eine Entwicklung durch die unterrichtete Einheit nach ProChem zeigt, soll durch die nachfolgende Matrix ergründet werden. Nur eines der Kinder beschreibt das Phänomen selbst im Nachtest, jedoch keines der Kinder, welche im Vortest lediglich beschreiben konnten, verbleibt auf dieser Leistungsebene, vielmehr rekapitulieren sie nun ein alltägliches Konzept der vermeintlich zerstörerischen Wirkung der Sonnenstrahlen aufgrund der Nähe des Phänomens selbst zur Lebenswelt.

Tabelle 19: Matrix zum Inhaltsbereich der Ausdehnung warmer Luft (Klassenstufe 3)

Nachtest (Spalten) **Vortest (Zeilen)**	**Richtige Erklärung über die Ausdehnung warmer Luft.**	**Lediglich Beschreibung des Phänomens selbst.**	**Einflüsse von außen (Wind bzw. zerstörerische Wirkung der Sonne).**	**Keine Ausführungen.**
Richtige Erklärung über die Ausdehnung warmer Luft.	18 36 40 44		1 2 5 6 39 41	8
Lediglich Beschreibung des Phänomens selbst.			3 25	
Einflüsse von außen (Wind bzw. zerstörerische Wirkung der Sonne).	4 19		7 9 10 32	30

Nachtest (Spalten) Vortest (Zeilen)	Richtige Erklärung über die Ausdehnung warmer Luft.	Lediglich Beschreibung des Phänomens selbst.	Einflüsse von außen (Wind bzw. zerstörerische Wirkung der Sonne).	Keine Ausführungen.
Keine Ausführungen.	20 21 22 26 27 28 31 33 43	29	11 12 14 15 16 17 23 24 34 35 37 38 42	13

Zwei Spalten seien im folgenden besonders diskutiert:die Dominanz äußerer Einflüsse zur Deutung des Phänomens (57 %), explizit der zerstörerischen Wirkung der Sonne, sowie die fachlich angestrebte und richtige Erklärung über die Ausdehnung warmer Luft (34 %), wobei letzteres den großen Erfolg der durchgeführten Einheit unterstreicht, besonders, da bei 73 % dieser Gruppe ein deutlicher Lernzuwachs zu verzeichnen ist.

Die ursächliche Betrachtung äußerer Einflüsse nimmt von der Problemstellung des „Heißluftballons über dem Toaster“ hin zu den „Platzenden Ballons“ offensichtlich prägnant zu, wahrscheinlich, da – wie bereits zuvor ausgeführt – das Phänomen selbst lebensweltlich geprägt und damit gedeutet ist über alltägliche Aussagen zur zerstörerischen Wirkung der Sonne. So findet sich ein Großteil (54 %) derjenigen Kinder, welche im Vortest keine Ausführungen formulierten in jener Gruppe wieder, die die Sonne verantwortlich sieht.

Ebenso fällt dies in noch gravierender Weise in der ersten Zeile auf, in der Probanden zunächst eine richtige Erklärung über die Ausdehnung warmer Luft im Vortest lieferten, im Nachtest aber ebenfalls der Dominanz äußerer Einflüsse erlagen (knapp 55 %). Die Sichtung der Entwicklung der Lernenden unterstreicht die Notwendigkeit, dass offensichtlich starke, lebensweltlich erworbene und vielfältig geprägte Modell durch eine weitreichendere Einheit zum grundlegenden naturwissenschaftlichen Konzept zu vertiefen.

Tabelle 20: Matrix zur zweiten Fragestellung in Vor- und Nachtest (Klassenstufe 3)

Nachtest (Spalten) Vortest (Zeilen)	Richtige Erklärung über die stoffliche Ebene des unsichtbaren Stoffes „Luft“.	Lediglich Beschreibung des Phänomens selbst.	Lediglich Formulierung von Handlungsanweisungen (Alltagserfahrungen).	Deutung über diffuse Verwendung des Begriffs „Druck“.	Keine Ausführungen.
Richtige Erklärung über die stoffliche Ebene des unsichtbaren Stoffes „Luft“.	2 8 15 19 21 27 28 36 39 40 41 42 43	35		34 38 44	22
Lediglich Beschreibung des Phänomens selbst.	26 37			29 31	
Lediglich Formulierung von Handlungsanweisungen (Alltagserfahrungen).	12	3 4 5 6 13	1 10		
Deutung über diffuse Verwendung des Begriffs „Druck“.	14 17 18 24 25 33		20 23	9 16 30 32	7
Keine Ausführungen.		11			

Auffällig ist hier, dass ein Großteil der SchülerInnen, welche im Vortest ein richtiges Erklärungsmodell anwendeten auch im Nachtest dieses beibehalten (72 %). Anzunehmen ist, dass das Konzept durch die Einheit Festigung erfuhr und somit auf die neue Problemstellung übertragen werden konnte, welche zudem keine alltägliche Erfahrungsebene darstellt.

Umgangssprachlich geprägt und mit personifizierender Anschauung versehen, wird der Begriff des „Drucks“ von 17 der insgesamt 44 Probanden der Klassenstufe drei entweder im

Vor- oder/und im Nachtest verwandt. Positiv herauszustellen ist in diesem Zusammenhang das Zurückdrängen dieses diffus verknüpften Begriffs zugunsten eines fachlich richtigen und zudem deutlich abstrakteren Modells des stofflichen Charakters vorhandener, unsichtbarer Luft. So formulieren knapp 62 % der Kinder, welche zuvor mit dem Begriff des „Drucks“ argumentiert haben, nun im Rahmen des geschilderten Konzepts.

Tabelle 21: Matrix zur dritten Fragestellung in Vor- und Nachtest (Klassenstufe 3)

Nachtest (Spalten) **Vortest (Zeilen)**	**Richtige Erklärung über die entstehende, aufsteigende warme Luft.**	**Lediglich Beschreibung des Phänomens selbst.**	**Die Wärme/ Hitze bzw. das Feuer/ der Rauch wird in einer personifizierten, stofflichen Form als Ursache herangezogen.**	**Deutung über diffusen Argumentationszusammenhang mit den Begriffen „Luft“ bzw. „Druck“.**	**Ursache wird in der Masse, oder anderen Eigenschaften des brennenden Materials gesehen.**	**Keine Ausführungen.**
Richtige Erklärung über die entstehende, aufsteigende warme Luft.	1 16 19 20 21 22 23	2 17		43		
Lediglich Beschreibung des Phänomens selbst.						
Die Wärme/Hitze bzw. das Feuer/ der Rauch wird in einer personifizierten, stofflichen Form als Ursache herangezogen.	12 37 40	3 4 10 14 29 32	11 34 42 44	28 31 39	30	7 8

Nachtest (Spalten) / Vortest (Zeilen)	Richtige Erklärung über die entstehende, aufsteigende warme Luft.	Lediglich Beschreibung des Phänomens selbst.	Die Wärme/ Hitze bzw. das Feuer/ der Rauch wird in einer personifizierten, stofflichen Form als Ursache herangezogen.	Deutung über diffusen Argumentationszusammenhang mit den Begriffen „Luft“ bzw. „Druck“.	Ursache wird in der Masse, oder anderen Eigenschaften des brennenden Materials gesehen.	Keine Ausführungen.
Deutung über diffusen Argumentationszusammenhang mit den Begriffen „Luft“ bzw. „Druck“.	18	5 6 27 35		9 33 38	41	
Ursache wird in der Masse, oder anderen Eigenschaften des brennenden Materials gesehen.	24	13			36	15 25
Keine Ausführungen.		26				

Immerhin knapp 23 % der SchülerInnen überzeugte bereits im Vortest durch eine fachlich richtige Erklärung über die entstehende aufsteigende warme Luft, wobei 70 % dieses Konzept als so stabil entwickelt haben, als dass es auch im Nachtest in eine neue Problemstellung transferiert werden kann. Angenommen wurde, dass der große Anteil der Kinder, die die Wärme bzw. Hitze oder auch das Feuer bzw. den Rauch in einer personifizierten, stofflichen Form als Ursache heranzogen (43 %), dieses Modell durch die ProChem-Einheit zu einem kohärenten fachlichen Konzept entwickeln könnten, was jedoch nur einem sehr geringen Anteil dieser Probanden gelingt (16 %), vielmehr zeigt sich eine breite Streuung über alle Kategorien des Nachtests.

Eine analoge Feststellung muss für jene 20 % formuliert werden, die im Vortest mit den Begriffen „Luft“ und „Druck“ arbeiteten. Auch in dieser Gruppe zeigt sich nur geringfügig eine Weiterentwicklung und Anwendung in eine neue Problemstellung, so dass als Konsequenz formuliert werden muss, dass dieser Aufgabenbereich weiter gefördert werden muss, indem vermehrt Problemstellungen mit paralleler inhaltlicher Ausrichtung im Unterrichtsgefüge eingesetzt werden.

Exemplarisch seien im abschließenden Teil der Evaluation von ProChem Kinder ausgewählt und die Entwicklung von Vor- zu Nachtest im Konkreten aufgezeigt. Die Auswahl der Probanden erfolgte jeweils aus der Klassenstufe zwei und drei anhand der zuvor ausgearbeiteten Matrizen und zeigt nachfolgende Zuordnung.

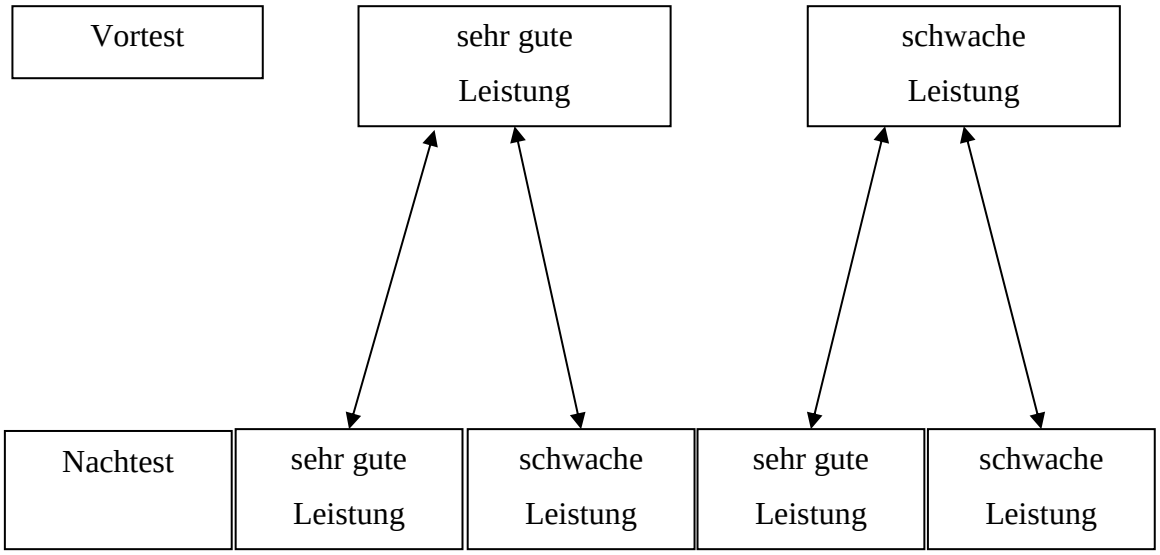


Abbildung 21: Auswahl der Lernenden in den Klassenstufen

Entsprechend ihrer Stellung in den Matrizen wurden die kodierten Tests herausgegriffen, wobei relativierend angeführt sei, dass eine optimale Zuordnung nicht immer möglich war. So wurde beispielsweise Nummer 22 für eine sehr gute Leistung im Vor- wie im Nachtest ausgewählt, obwohl das Kind keineswegs sich stets im ersten Kasten der Matrix wiederfand und somit sowohl vor als auch nach der Einheit die richtige Erklärung gab.

Tabelle 22: Individuelle Lernentwicklung bzgl. der Auswertung von Vor- und Nachtest (Nummer 22)

Nummer 22:	**Vortest**	**Nachtest**
Antwort zur ersten Frage:	*„als die Tüte über den Toster gegang ist worde sie fon der hitze aufgeblasen und in die Luft gesdegen“*	*„Die Luftballons wann so gut atgeblasen und als dan noch so fiel heiße Luft rankam war zu viel Luft und dan Peng“*
Antwort zur zweiten Frage:	*„der drug des wasser hans war zu dol ist der überal hin gesbrist“*	*„die Luft in der flasche war fiel und dan hat die Luft das Wasser nach oben gedrugt“*
Antwort zur dritten Frage:	*„in Feuer ist gans heiße Luft drin“*	*„als das feuer nach unten zum Loch ist die heiße Luft ins Loch gekom unt sie gehoben“*

Drei Entwicklungen sollen nun im Rahmen dieser Aussagen Betrachtung finden. Dies ist zum einen die Konzeptdarlegung im Vortest, demgegenüber diese im Nachtest und dann vergleichend ggf. deutliche Veränderungen zwischen Vor- und Nachtest.

Die Ausführungen im Vortest zeigen zunächst ein personifizierendes, stoffliches Verständnis von der „Hitze“, ebenso wieder aufgegriffen in Form der „heißen Luft“, welche im Feuer enthalten ist und als Ursache approximiert wird. Diese Antworten sollten zugunsten eines abstrakteren Konzepts erweitert werden können, welches exakter die Zusammenhänge sich ausdehnender und aufsteigender, unsichtbarer warmer Luft zu formulieren vermag. Auch der lebensweltlich entliehene Begriff des „Drucks“, welcher durch scheinbare Anschauung gerne zur Erläuterung herangezogen wird, sollte Überarbeitung erfahren.

Die Untersuchung der Ausführungen im Nachtest zeigt, dass die „heiße Luft“ wiederum richtig als Ursache herangezogen wird, jedoch nicht auf die Entstehung dieser von innen abstrahiert werden kann, sondern vielmehr diese von außen angenommen wird. Eine zunehmende Abstraktion im Nachtest kann aber dennoch festgestellt werden. So wird die unsichtbare Luft in der „magischen Flasche“ als Ursache herangeführt und wiederum der Begriff des „Drucks“ entliehen, um auf eine vermeintliche Kraft der Luft gegenüber dem Wasser hinzuweisen. Exakt beobachtet und mit Vorwissen über die bei einem Feuer entstehende „heiße Luft“ verknüpft, stellt sich die dritte Antwort dar. Zwar fällt auch hier eine personifizierende Formulierung auf, diese kann aber im nachfolgenden unterrichtlichen Geschehen weiter zurückgedrängt werden und ist sicherlich für diese Altersstufe durchaus legitim und zudem in der dargelegten Weise erweiterungsfähig.

Ein Vergleich beider Tests zeigt die Einbindung des bereits vorhanden Wissens des Kindes in ein erarbeitetes Konzept, wodurch eine Ausschärfung der Erklärungen und z. T. eine zunehmende Abstraktion beobachtet werden kann. Somit ist das durch die Einheit dargelegte naturwissenschaftliche Konzept erfolgreich in das bereits vorhandene Konzept-Netzwerk

eingebettet worden, was als Definition erfolgreichen Lernens gesehen werden kann und zudem konnte das Wissen auf neue Problemstellungen übertragen werden.

Ein sehr guter Vortest als auch einen sehr guten Nachtest zeigte auch Nummer 36 aus der Klassenstufe drei.

Tabelle 23: Individuelle Lernentwicklung bzgl. der Auswertung von Vor- und Nachtest (Nummer 36)

Nummer 36:	**Vortest**	**Nachtest**
Antwort zur ersten Frage:	*„Die Hitze in dem Tosta geht in den Sacke und er behnt sich aber dann ist der Sack voll mit wärme und geht hoch. Deshald ist der Sack auch von der Decke wieder runter gekommen.“*	*„Die Luftballons dehnen von der Hitze und weil sie aufgblasen sind dehnt sie sich immer mehr. Bis sie platzen.“*
Antwort zur zweiten Frage:	*„Luft war in dem Becher als das Wasser in die Flasche wollte. Hat sich die Luft raus gehdrückt. Deshalb ist kein Wasser reingekommen.“*	*„Die Luft worde heraus grügt aber als sie noch brin war konnte das Wasser kaum in die Flasche. Frau Endris hat die Flasch gebruck die Luft ist erweicht und das Wasser ist in die Flasche gelaufen.“*
Antwort zur dritten Frage:	*„Das Heuh ist zu leicht und weht hoch. Deshalb geht das Holz nicht hoch.“*	*„Die Rakete wird angezündet, sie brennt und weil sie so leicht ist fliegt sie.“*

Die Ausführungen dieses Kindes zeigen im Vortest in den ersten beiden Fragestellungen eine Erklärung über die „Hitze“ bzw. „Wärme“ sowie die „Luft“ im Zusammenhang mit einem stofflichen Verständnis insbesondere erstgenannter Begriffe, sowie einer Verknüpfung der „Luft“ mit einem Kraftverständnis des „Drucks“. Dieses modellhafte Verständnis erfährt kaum Veränderung vergleicht man die analogen Antwortmuster im Nachtest mit denen des Vortests. Lediglich im Zusammenhang mit der zweiten Problemstellung zeigt sich eine abstraktere sprachliche Ebene, die nur über den stofflichen Charakter der Luft argumentiert, ohne zur Hilfenahme des Druckbegriffs. Die Antwortmuster zeigen aber auch, dass die dritte Fragestellung jeweils lebensweltliche Erklärungsmuster provoziert, die durch den begrenzten zeitlichen Rahmen der Einheit nicht erweitert werden konnten und somit nicht in Zusammenhang gebracht werden können, mit dem zuvor bereits formulierten naturwissenschaftlichen Konzept.

Eine deutliche Verschlechterung der Leistungen ist im Falle der Nummer 16 der zweiten Klasse festzustellen, wie die nachfolgende Tabelle herausstellen soll.

Tabelle 24: Individuelle Lernentwicklung bzgl. der Auswertung von Vor- und Nachtest (Nummer 16)

Nummer 16:	**Vortest**	**Nachtest**
Antwort zur ersten Frage:	*„Die Tüte ist in die luft geflogen. Die luft steigerte sich und deswegen ist der gelbe Sack hochgeflogen“*	-
Antwort zur zweiten Frage:	*„die flasche war zu dicht!!!“*	*„Das ist der luftdruck!!!“*
Antwort zur dritten Frage:	*„Die luft steigert sich!!!“*	*„Unten ist feuer“*

Im Vortest beschreibt das Kind begriffliche Zusammenhänge „luft steigert sich“ und erfasst damit sprachlich anschaulich einen zentralen Aspekt zur Deutung des beschriebenen Phänomens sowohl in Frage eins als auch in Frage drei. Zwar bringt der Schüler dies nicht in Verbindung mit der Temperatur bzw. des Temperaturunterschiedes aufsteigender Luft, doch argumentiert er offenbar auf einer abstrakten Ebene eines unsichtbaren Stoffes „Luft“.
Obwohl in Fragestellung zwei deutlich lebensweltlich geprägte Handlungsmuster die Erklärungsebene überdecken, sollte es doch aufgrund der Ausführungen im Vortest möglich sein, das angestrebte naturwissenschaftliche Konzept auszuarbeiten. Doch ebendies gelingt augenscheinlich nicht, untersucht man die Ausarbeitungen des Kindes im Nachtest. Während das erste Phänomen überhaupt nicht gedeutet werden kann, vermag der Lernende auch die „Teebeutelrakete“ kaum zu deuten, sondern verknappt dies in der Beobachtung unten sei Feuer, was sicherlich zur richtigen Schlussfolgerung führen könnte, diese jedoch bleibt aus. Auch die Änderung im Rahmen der zweiten Fragestellung weg von einer Handlungsanweisung hin zum lebensweltlich geprägten Begriff des „Luftdrucks“ muss kritisch gesehen werden, da hier aufgrund des Zusammenhangs im Nachtest kaum von einem kohärenten erworbenen Konzept ausgegangen werden kann. Offensichtlich lag den Begrifflichkeiten des Vortests eine Vorstellung zu Grunde, die die ProChem-Einheit nicht in geeigneter Weise aufgreifen konnte, so dass ein erfolgreicher Lern- und Transferprozess nicht eingesetzt hat. Aufgrund der vorliegenden Daten ist es aber nicht möglich Ursachen hierfür zu finden.
Einen ähnlichen Fall finden wir bei Nummer 5 in Jahrgangsstufe drei.

Tabelle 25: Individuelle Lernentwicklung bzgl. der Auswertung von Vor- und Nachtest (Nummer 5)

Nummer 5:	**Vortest**	**Nachtest**
Antwort zur ersten Frage:	*„Der Toster wird warm und die Tüte wird aufgeblasen dann fliegt sie hoch durch Luftdruck“*	*„die Heze ist zu warm für die Luftballons“*
Antwort zur zweiten Frage:	*„Tipp: Wem einen Becher“*	*„Er drückt die Flasche zusammen und dann wer los lässt kommt das Wasser wieder in die Flasche“*
Antwort zur dritten Frage:	*„Wegen der Heißen Luft“*	*„Die Teebeutel brennt und werkokelt er, dann fligt er hoch“*

Im Vortest zeigt das Kind sehr gute Erklärungsansätze, so im „aufblasen“ des gelben Sacks durch die Wärme des Toasters und dem Aufsteigen durch den „Luftdruck“. Auch hier findet sich wieder eine Hilfsbrücke. Die nichtfassbare „warme Luft“ wird als Erklärung nicht explizit formuliert, vielmehr bedienen sich die Kinder einem umgangssprachlichen Verständnis des Luftdrucks als Kraft der Luft. Das Kind approximiert somit bereits die Phänomene der ersten und zweiten Fragestellung mit der „warmen/heißen“ Luft, von einem zusammenhängendem Konzept kann aber nicht die Rede sein, auch weil in der Fragestellung ebenso bei diesem Kind die lebensweltliche Erfahrungswelt zu einer Handlungsanweisung führt.

Doch die schwachen Leistungen im Nachtest zeigen auch hier, dass die vorliegende Vorstellung des Kindes nicht ausgebaut werden konnte, sondern vielmehr diese nicht ausreicht, um sie auf neue Problemstellungen zu transferieren. Die „Hitze“ als zerstörerische Kraft, welche die Ballons kaputt macht, unterstreicht dies ebenso, wie die auf der phänomenologischen Ebene verharrenden Ausarbeitungen zu den nachfolgenden Problemstellungen. Als Schlussfolgerung sollte die ProChem-Einheit in einem größeren Rahmen Einsatz erfahren, so dass auch mehr Zeit zur Verfügung stehen würde, das naturwissenschaftliche Konzept zu festigen, aber auch vor allem durch geeignete Unterrichtsmethodik die Kinder so einzubringen, als dass die individuellen Vorstellungen auch artikuliert werden können, um sie konkret auszubauen.

Demgegenüber stehen aber auch Beispiele großer Leistungssteigerung und zunehmender Transfer- bzw. Problemlösekompetenz, wie die nächsten zwei Kinder aus Jahrgangsstufe zwei bzw. drei belegen.

Tabelle 26: Individuelle Lernentwicklung bzgl. der Auswertung von Vor- und Nachtest (Nummer 6)

Nummer 6:	Vortest	Nachtest
Antwort zur ersten Frage:	*„Ees ist Fon der luft“*	*„Weil die Sonnenstrlen ima Heiser würt.“*
Antwort zur zweiten Frage:	*„Ees ist einfach su dun“*	*„weiel die luf su er drin wa.“*
Antwort zur dritten Frage:	*„Weiel die Bleter leicht und dun“*	*„weil der feuer tragt“*

Dieses Kind aus Klassenstufe zwei zeigt im Vortest keinerlei zusammenhängendes Konzept, vielmehr aktivieren die Phänomene unterschiedliche Erklärungsmodelle und damit auch Ebenen der Abstraktion. Die Annahme der ursächlichen Luft zur ersten Fragestellung ist sicherlich dem Aufblasen von Ballons entliehen, oder dem Hochpusten des Plastiksacks. Keinesfalls, und dies belegen auch die Antwortmuster der nachfolgenden Fragestellungen, wird hierbei die unsichtbare Argumentationsebene beschritten. Lebensweltliche Erfahrungen und deren anschauliche Deutung werden somit hier wiedergegeben.

Im Nachtest zeigt sich allerdings ein differenzierteres Modell, so insbesondere im Rahmen des Phänomens der „Magischen Flasche“, wobei das Kind einen sehr großen Lernzuwachs bzw. eine hohe Transferleistung insofern zeigt, als dass es nun die unsichtbare Ebene der enthaltenen Luft zur Erklärung heranzieht. Auch die Ausführungen zur dritten Problemstellung gehen weg von den Eigenschaften des brennenden Materials und finden sich ein in ein Konzept der aufsteigenden warmen Luft, wobei diese so zwar noch nicht benannt wird, dass „Feuer“ aber dies als stoffliche Ebene meint, wie auch durch die Wortwahl des „Tragens“ deutlich wird.

Im Zusammenhang mit der ersten Antwort kann nicht eindeutig beurteilt werden, inwiefern dies einen Kompetenzzuwachs darstellt. Die zerstörerische Wirkung der Sonnenstrahlen scheint hier einmal mehr das dominierende, da vielfältig lebensweltlich geprägte Modell. Ob mit dem „immer heißer werden“ auch die Luft in den Ballons gemeint sein könnte, kann nicht mit Bestimmtheit behauptet werden.

Tabelle 27: Individuelle Lernentwicklung bzgl. der Auswertung von Vor- und Nachtest (Nummer 26)

Nummer 26:	Vortest	Nachtest
Antwort zur ersten Frage:	*„Erklärung: Durch Gas wird eine Muhltüte an die Decke getreibt. Dann wird sie ganz langsam runter getrieben.“*	*„Die Luft in der die Luftballons die kommt raus. Weil oben die Luft warm wird. Deswegen kommt die Luft raus.“*
Antwort zur zweiten Frage:	*„Wenn eine Falsche unter Wasser hält kommt kaum Wasser rein.“*	*„Die Luft aus der Flasche wird raus gedrückt. Und so kann das Wasser schneller fliesen. Dann hört es wieder auf dann drückt mann wieder und es fliest weiter“*

Nummer 26:	Vortest	Nachtest
Antwort zur dritten Frage:	-	*„wenn man ein Teebeutel anzünded fliegt es ganz nach oben bis an die Decke.“*

Bei dieser Drittklässlerin zeigt sich ein ebenfalls deutlicher Kompetenzzuwachs. Während sich im Vortest lediglich zur Problemstellung eins eine Approximation der unsichtbaren Ebene in Form des Begriffs „Gas“ zeigt, stellen die Ausführungen zu Fragestellung zwei lediglich die Wiedergabe von Beobachtungen dar bzw. hinsichtlich Problem drei fehlende Ausführungen. Diese geringe Kompetenz, welche im Vortest deutlich wird, zeigt sich nach der ProChem-Einheit keineswegs erneut im Nachtest. Vielmehr zeigt sich ein gelungenes und transferierbares Konzeptverständnis in der Ausdehnung warmer Luft im Rahmen der Erläuterungen zur ersten Fragestellung, sowie ein ebenso großer Erkenntnisgewinn in der analogen Annahme enthaltener Luft in der „Magischen Flasche“.

Nur das komplexe Phänomen der „Teebeutelrakete“ kann lediglich als Beobachtung rekapituliert werden, so dass abschließend festgehalten werden muss, dass das erworbene Konzept in weiteren Problemstellungen zunehmender Komplexität gefestigt und zugleich flexibilisiert werden muss.

Abschließend möchte ich exemplarisch zwei Kinder herausgreifen, welche sowohl im Vor- als auch im Nachtest als leistungsschwach bezeichnet werden können.

In Klassenstufe zwei findet sich hier zunächst die Nummer 21 mit den nachfolgend wiedergegebenen Antworten.

Tabelle 28: Individuelle Lernentwicklung bzgl. der Auswertung von Vor- und Nachtest (Nummer 21)

Nummer 21:	Vortest	Nachtest
Antwort zur ersten Frage:	*„Der Toster hat die Tüte hochgehflogen weiel der Toasta hat Luft“*	*„Er Hat sie zu dol aufgeblasen und Der Balong ist Da zerplatzt“*
Antwort zur zweiten Frage:	*„sie hat die flasche in Kreis und Kreis und es hat geschbrizt“*	*„Der Luftdruck“*
Antwort zur dritten Frage:	*„weil die Bleter Glat sind“*	*„Es ist zu schdaub Geworden“*

Der Vortest dieser Schülerin zeigt kein zusammenhängendes Erklärungsmodell und scheint eher diffus, da sich vielfach nur Beobachtungen finden auch hinsichtlich der ersten Antwort, die ein vermeintliches „Hochpusten“ des Sacks vom Toaster umschreibt. Auch der Nachtest lässt keinen Erkenntnisgewinn ersehen bzw. die Entwicklung eines naturwissenschaftlichen Konzepts auch nur in Ansätzen. Die Ausführungen zu eins und drei geben lediglich Alltagserfahrungen wieder, so dass in diesem Zusammenhang auch der in Problemstellung zwei genannte Begriff „Luftdruck“ insofern kritisch gesehen werden muss, als dass es sich hierbei

nicht um ein Modellverständnis handelt, sondern um einen lebensweltlich geprägten Begriff. Sicherlich bedürfen diese SchülerInnen einer gezielteren Förderung als es dieser Ansatz in den zwei Unterrichtsstunden vermochte, bestehen Grundschulklassen doch aus weitaus heterogeneren Lerngruppen als beispielsweise gymnasiale Klassen. Auch das abschließend zu betrachtende Kind aus der dritten Klasse unterstreicht diese Beobachtungen.

Tabelle 29: Individuelle Lernentwicklung bzgl. der Auswertung von Vor- und Nachtest (Nummer 13)

Nummer 13:	**Vortest**	**Nachtest**
Antwort zur ersten Frage:	*„Der Luftdruck drüt den gelbensak nach oben mit der schwerkraft."*	*„Sie fallen auf den Boden und lachten dabei und sie schreien Noch mal noch mal."*
Antwort zur zweiten Frage:	*„das ist zu fest gedruck, du darfs das nicht so fest drücken dann hatst du wassa in deiner Flasch."*	*„Leo Galli drückt die flasch fest aber oben ist in den Trichter non Wasser drien dann kommt viel wasser rein dannach kommt wennig wasser rein."*
Antwort zur dritten Frage:	*„Das feuer lässt die Äste unten bei sich und die Blett steigen nach oben weil sie zu leicht deshalb fallen die Blätt runta."*	*„Es fliegt hoch in die Luft und zerlegt sie in kleinen Teilen und kommt wieder runta."*

Auch hier zeigt sich in den Ausführungen des Kindes der Begriff des „Luftdrucks", doch die Verbindung mit dem Begriff „Schwerkraft" unterstreicht das Unverständnis, so dass auch hier keineswegs ein zusammenhängendes Konzept sichtbar wird. Neben einer Handlungsanweisung zur zweiten Problemstellung wird zwar in der dritten Fragestellung das Feuer als Ursache angeführt, verliert sich aber in einem diffusen Begründungszusammenhang mit der geringen Masse der Blätter.

Im Nachtest zeigt sich keinerlei Kompetenzzuwachs. Der Lernende verharrt vielmehr in der Geschichte und bettet darin die zu beobachtenden Phänomene ein. Sicherlich gilt hier das bereits zuvor Gesagte im Zusammenhang mit dem vorangegangenen leistungsschwachen Kind, doch unterstreichen die Ausführungen dieses Kindes in herausragender Weise, wie sehr der storytelling-Ansatz hinsichtlich motivationaler Aspekte trägt. Die Antworten des Kindes sind ausführlich, keineswegs die eines resignierten Kindes, vielmehr denkt und arbeitet das Kind auf dem ihm möglichen Niveau durch die Charaktere der Geschichte mit und wird somit im sozialen Gefüge des unterrichtlichen Prozesses nicht abgehängt - sicherlich ein Erfolg dieses Ansatzes.

3.2.3 Abschließende Reflektion der Fallstudie vor dem Hintergrund der dargelegten Theoriediskussion

Die konzipierte Fallstudie zum unterrichtlichen Ansatz von ProChem greift den storytelling-Ansatz der Unterrichtseinheit zum didaktischen Konzept von „Mathematik im Kontext“ auf und weist ebenso in die Geschichte eingebundene vielfältige und in ihrem Transferanspruch variierende Problemkontexte auf.

In Anlehnung an die vorherigen Ausführungen zu MIC sollte beim Ansatz von ProChem überprüft werden, ob eine selbstständige Dekontextualisierung der Fachinhalte vom Kontext auch von Lernenden dieser Altersstufe geleistet werden kann und ob sich durch die gezielte Abfolge der Problemsituationen eine zunehmende Problemlösekompetenz feststellen ließe. Im Fokus, bezugnehmend auf die zentralen Erkenntnisse aus den Betrachtungen zu MIC, steht die zu beurteilende Entwicklung eines übergeordneten fachlichen Konzepts, welches durch das eigenständige Erkennen von Analogien durch den Lernenden selbst geleistet werden sollte.

Kohärente Aussagen sind nach der Fallstudie allerdings nicht möglich, wobei die angenommenen Ursachen vielfältig sind. Sicherlich ist die Kürze der unterrichtlichen Erprobung der Fallstudie von jeweils nur zwei Unterrichtsstunden äußerst knapp, um tiefgreifende, langfristige konzeptionelle Veränderungen bei den Kindern dieser Altersstufe herbeizuführen. Fehlende Erfahrungen mit dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess im vorangegangenen Unterricht forcieren zudem eine „Durchmischung“ der Argumentationsebenen aus phänomenologischer Beobachtung und Deutungsmodellen.

Besonders deutlich wurde aber die Abhängigkeit von Transferleistungen vom gewählten Kontext. So zeigte sich, dass lebensweltlich geprägte Kontexte alltägliche Erklärungsmuster der Kinder aktivierten und neue, im Rahmen der Fallstudie erarbeitete Konzepte zurückgedrängt wurden. Sicherlich ist dies mit den zuvor genannten Aspekten zu begründen, unterstreicht aber die Rolle der bereits im Theoriekapitel zum Begriff des Transfers diskutierten „Anker“. Lebensweltliche „Anker“ dominieren offensichtlich die des Ansatzes, da erstgenannte vielfältige Repräsentation in der Lebenswelt haben und dadurch lebensweltliche Erklärungsmuster bzw. Konzept-Netzwerke aktivieren. Im Umkehrschluss wird diese Aussage auch durch jenen erfolgreichen Transfer belegt, der sich in zur Unterrichtseinheit ähnlichen Problemkontexten zeigt. In diesem Zusammenhang zeigte sich auch ein deutlicher Erkenntniszuwachs. Offensichtlich findet sich hier erneut das Modell des „Analogiebegründeten Transfers“ (s. Ausführungen in Kapitel 1.2.1) bestätigt. Erfolgreicher Transfer ist von der Fähigkeit des Lernenden abhängig Analogien zwischen den Aufgabenkontexten zu erkennen

und damit neben der Problemlösestrategie selbst auch das in der Lernsituation erworbene Konzept-Netzwerk zu adaptieren.

Jenes Konzept-Netzwerk wies in Klassenstufe drei eine deutliche bessere Abstraktion auf als in Klassenstufe zwei. Es kann angenommen werden, dass dies, als auch das stärkere Hinterfragen und Deuten vorliegender Phänomene, durch mehr Vorkenntnisse und Vorerfahrungen der Kinder bedingt ist. Je vielfältiger die Präsentationen eines Phänomens sind, umso eher kann der Lernende „Laie“ Parallelen erkennen. Zwar wird generell die konkret fassbare Erklärungsebene bevorzugt, doch zeigt sich, dass die Fähigkeit Analogien zu erkennen und dadurch erfolgreich Transfer zu leisten, abhängig von der Vielfalt der erfahrenen Problemkontexte selbst ist. Im Rahmen der Fallstudie wurde das fachliche Konzept stets im Kontextzusammenhang erarbeitet und nicht explizit dekontextualisiert. Es zeigt sich, dass eine explizite Dekontextualisierung des Wissens auch in dieser Altersstufe nicht notwendig ist, um erfolgreich Transfer zu leisten. Das entscheidende ist vielmehr der Problemkontext selbst und die durch diesen beim „Laien“ hervorgerufenen „Reiz-Reaktion-Verbindungen“ die zur Adaption eines Konzept-Netzwerks führen. Zum Fokus der Arbeit kann somit an dieser Stelle festgehalten werden, dass in vielfältigen Problemkontexten fachliche Konzepte erarbeitet und gefestigt werden sollten und dass durch die Unterstützung im Erkennen von Analogien und strukturellen Beziehungen allgemeine heuristische Strategien als auch fachliche Konzepte (Basiskonzepte) abgeleitet werden können, die sich als transferfördernd darstellen und letztlich „fernen Transfer“ ermöglichen sollten. In höheren Klassen sollte diese Entwicklung in eine eigenständige Reflektion des individuellen Lösungswegs und Erkenntnisprozesses münden und einen Analogieschluss durch Rekonstruktion ermöglichen. Die der Theorie entlehnte Aussage (Kapitel 1.2.1), dass strukturelle Ähnlichkeiten der Aufgabenkontexte für den „Laien“ nicht abrufbar seien, wodurch weder deklaratives noch prozedurales Wissen als Voraussetzung eines erfolgreichen Transferprozesses geleistet werden könne, muss vor dem Hintergrund der Fallstudie relativiert werden. Sicherlich, abhängig von der Altersstufe der Lernende als auch insbesondere durch den Problemkontext selbst in seiner Nähe zur Lernsituation, brauchen sie hierfür Unterstützung in zahlreichen repräsentativen Kontexten und zur Reflektion des eigenen Lösungswegs. So gelangen die Lernenden zu einem individuellen Konzept-Netzwerk im Sinne des Konstruktivismus, welches in einer Gemeinschaft geteilten Wissens Bestand hat.

Ebenso sei angemerkt, dass die Konzeption die Toleranz und Bereitschaft zur Auseinandersetzung mit neuen Problemstellungen fördert, was sicherlich motivational Begründung findet und den storytelling-Ansatz erneut legitimiert.

3.3 Entwicklung, Durchführung und Evaluation einer kontextbasierten Chemieeinheit in Anlehnung an den didaktischen Ansatz von „Mathematik im Kontext“

3.3.1 Beschreibung der Lerngruppe zur Erprobung der Fallstudie

Zur Erprobung des Unterrichtsansatzes in Anlehnung an das didaktische Konzept von „Chemie im Kontext“ konnte aus organisatorischen Gründen nur eine Lerngruppe im Rahmen der Fallstudie unter dem Fokus der Forschungsfrage evaluiert werden, so dass der vermeintlich beeinflussende Faktor der Lehrerpersönlichkeit sowie die Varianz der Lerngruppen hinsichtlich unterrichtlicher Voraussetzungen bezüglich des fachlichen Inhalts als auch methodischer Kenntnisse nicht beurteilt werden kann[70].

Die vorliegende Lerngruppe wurde ausgewählt, da sie mir durch die Klassenleitung bereits bekannt war und sich somit schon eine vertrauensvolle, vertraute Arbeitsatmosphäre zwischen mir und den Lernenden entwickelt hatte. Dadurch konnte eine ggf. auftretende Schwierigkeit hinsichtlich einer „Eingewöhnung“ auf eine „neue“ Lehrerpersönlichkeit umgangen werden, sowie die positive Einstellung der Lerngruppe gegenüber neuen Unterrichtsformen im Rahmen des kontextbasierten Ansatzes genutzt werden.

Die ausgewählte Klasse hat ebenso wie alle anderen Lerngruppen der Jahrgangsstufe keinerlei Erfahrungen mit dem didaktischen Ansatz von „Chemie im Kontext“, vielmehr kann von kontextbasiertem Unterricht in keinem der Unterrichtsfächer des Kanons gesprochen werden. Die gewählte Lerngruppe zeigte jedoch im Vorunterricht des Faches Chemie stets großes Interesse an authentischen, lebensweltlichen Problemstellungen und konnte durch diese in besonderer Weise motiviert werden.

Bei der Lerngruppe handelt es sich um 27 SchülerInnen[71] des Jahrgangs 8 mit durchschnittlichem Leistungsniveau im Fach Chemie. Die festzustellende Leistungsheterogenität zeigt sich vor allem in der Schwierigkeit einiger Lernender zwischen Phänomen- und Teilchenebene zu differenzieren. Ebenso findet sich die Verwendung chemischer Fachsprache sowohl in Darstellungen und Ausarbeitungen als auch im Unterrichtsgespräch nur rudimentär, so dass auf deren exakter Verwendung sowie ihrer notwendigen Abgrenzung zur Alltagssprache stets hingewiesen werden muss. Insbesondere leistungsschwächere SchülerInnen

[70] Die für eine Erprobung und Evaluation im Rahmen der Fallstudie zur Verfügung stehenden örtlichen Gymnasien waren durch strukturelle Veränderungen - bedingt durch die Zusammenlegung der städtischen Gymnasien - so beansprucht, dass eine angestrebte breitere Evaluationsbasis (weitere Lerngruppen, varrierender Lehrkörper) nicht durchgeführt werden konnte.

[71] Geschlechtsverteilung ausgewogen

bedürfen zur Artikulation ihrer fachlichen Konzepte daher unterschiedlichster Darstellungsebenen und Formen der Darlegung.

Im Vorunterricht zeigte sich die Kompetenz der Lerngruppe im eigenständigen Experimentieren, der produktiven Gruppenarbeit als auch in der Erkenntnisgewinnung im Rahmen eines naturwissenschaftlichen Lösungsprozesses. Diese, die Lerngruppe ebenfalls motivierenden Aspekte des Chemieunterrichts, werden in einem kontextbasierten Unterricht, wie er dem didaktischen Konzept der Fallstudie zugrunde liegt, in besonderer Weise zur Selbstständigkeit der Lernenden in ihrem eigenen Lernprozess beitragen.

Allerdings liegen bei jener Klasse keinerlei Erfahrungen mit der Methodik des „Lerntagebuchs“ vor. Die eigene Reflektion des Erkenntnis- bzw. Lernwegs oder gar die Darstellung des individuellen Konzept-Netzwerks fand im Vorunterricht des Fächerkanons keinerlei Berücksichtigung. Das Erstellen von „Spickzetteln“ ist jedoch eine den Lernenden durchaus vertraute und gern genutzte Methode. Die im Folgenden in der Fallstudie eingeforderte „feedback-Kultur“ wurde bereits teilweise im Unterricht eingesetzt.

In vorangegangenen Kapiteln wurde bereits ausführlich der Ansatz des didaktischen Konzepts von „Mathematik im Kontext“ herausgestellt und die zahlreichen positiven Ergebnisse hervorgehoben. Auch eigene unterrichtliche Erprobungen wurden hinsichtlich der zentralen Intention der Arbeit der Förderung von Transfer skizziert. In der nachfolgend beschriebenen Einheit „Metalle in Industrie und Technik“ sollten nun diese Grundlagen auf den Chemieunterricht der Sekundarstufe eins angewandt werden, wobei als Basis das Unterrichtsverfahren „Chemie im Kontext“ diente (s. Kapitel 1.2.2.3 sowie Kapitel 2). Somit finden sich in der entwickelten Einheit, welche inhaltlich den Themenbereich „Reduktion und Redoxreaktion“ der curricularen Vorgaben des niedersächsischen Kultusministeriums abdeckt[72], zum einen eine Abfolge unterschiedlichster lebensweltlicher Kontexte, die so aufeinander abgestimmt sind, dass sowohl naher als auch ferner Transfer unterstützt, geübt und vielfach eingefordert wird. Zum anderen sind, entsprechend dem individuellen Leistungsstand des Lernenden, unterschiedliche Abstraktionsniveaus als Ebenen zur Lösung des Problems möglich. Im Rahmen dieses Fachinhalts sollte die niedrigste Abstraktionsstufe für die SchülerInnen die Formulierung einer Wortgleichung dem Kontext zugrunde liegender Redoxreaktion zwischen Metalloxiden sein, eine Abstraktion bzw. ein Transfer der phänomenologisch beobachteten und formulierten Reaktion auf eine systematische Ebene der Reaktionsgleichung.

[72] Kerncurriculum für das Gymnasium, Naturwissenschaften, Schuljahrgänge 5-10, 2009

Ein weiterer Schritt stellt dann die Schreibweise der Reaktionsgleichung in Form einer (vorläufigen) Symbolgleichung dar, was einer zunehmenden Abstraktion gleichkommt. Wurden diese Stufen einer „Leiter“ der Konzeptentwicklung vom expliziten Modell für eine Reaktion zu einem verallgemeinerten Konzept einer Reaktionsklasse beschritten, stellt sich als höchstes Niveau in diesem fachlichen Zusammenhang die Anwendung und damit der Transfer auf Redoxreaktionen mit Nichtmetalloxiden dar.

Wie bereits erwähnt, ist das wohl prägnanteste strukturell-didaktische Element, dass eine Einheit mehrere Kontexte umfasst. Dies bedeutet aber auch, dass die Phasen zur kontextbasierten Lösung einer Problemstellung in zwei Unterrichtsstunden komprimiert werden müssen. Das gelingt, da auf eine abschließende „Phase der Abstraktion und Vernetzung“ insofern verzichtet werden kann, als dass diese zentrale Phase des Transfers durch den Übergang in einen neuen Kontext bereits geleistet wird, wobei dies in der nachfolgenden konkreten Beschreibung der Einheit noch explizit herausgearbeitet wird. Auch die Phase der Begegnung wurde insofern gekürzt, als dass die Auseinandersetzung mit der Thematik durch eine geeignete Aufgabenstellung schon außerhalb der Stunden geleistet wurde. Ein vertiefter Einblick in die didaktische als auch methodische Umsetzung soll im Folgenden ermöglicht werden.

3.3.2 Aufbau sowie didaktische und methodische Umsetzung der Einheit

Die konzipierte Einheit umfasste insgesamt sechs Kontexte, wobei für jede kontextbasierte Problemstellung eine Doppelstunde verwandt wurde. Beginnend mit dem Kontext „Ötzi-das Geheimnis der Gletschermumie“ - in Anlehnung an (Wloka 2005) - sollte zunächst ein spannender und somit motivierender Einstieg in die Einheit geschaffen werden. Die Phase der Begegnung wurde in diesem Fall von der Lehrperson mit Hilfe einer Präsentation gestaltet, welche die Entdeckung Ötzis in den Alpen erzählte und zugleich nicht die Legenden um einen möglichen Fluch der Gletschermumie aussparte. Um die Authentizität zu erhöhen, wurde zusätzlich noch ein Artikel aus der Presse zum Mordfall Ötzi hinzugezogen, wodurch ein persönlicher Zugang zur Gletschermumie ermöglicht wurde, welcher sich entsprechend gängiger Motivationstheorien als äußerst lernwirksam erweisen sollte (vgl. Ausführungen in Kapitel 1.1.2). Dieser Artikel wurde allerdings von SchülerInnen als Zusatzleistung zur Doppelstunde aufgearbeitet und in die Präsentation der Lehrperson integriert. Aus der Betrachtung der persönlichen Umstände des Ötzi wurde eine eingehendere Betrachtung der Habe der Mumie eingefordert. Aus der zeitlichen Einordnung der Gletscherleiche resultierte die Frage nach dem Ursprung des Kupfers für das vorgefundene Beil, wodurch das Ende der

Begegnungsphase durch die Formulierung der zentralen Unterrichtsfrage erreicht war. In der sich in der entsprechenden Struktur von „Chemie im Kontext“ anschließenden „Neugier- und Planungsphase“ ergab eine Recherche Malachit als Rohstoff zur Gewinnung des Kupfers. Die Lernenden formulierten als für sie naheliegende Hypothese, dass ein Erhitzen des Malachits zum reinen Kupfer führen müsste, basierend auf der Vorstellung eines „Ausschmelzvorgangs“ des Metalls aus dem Gestein bzw. eines Zerstörungsprozesses, welcher die ebenfalls vorhandenen weiteren Begleitelemente auf unterschiedlichste Weise eliminieren würde. In der „Erarbeitungsphase“ wurde nun ein zur Hypothese passender Versuch entwickelt und durchgeführt. Die an der Tafel zusammengetragenen Beobachtungen der SchülerInnen, sowie deren Vorerfahrungen und Kenntnisse aus dem vorangegangenen unterrichtlichen Geschehen, führten zur Hypothese, dass es sich bei dem schwarzen Feststoff um Kupferoxid handeln könnte. An dieser Stelle des Unterrichts ist ein Lehrerimpuls unumgänglich, da die Lernenden keinerlei Basis haben, um eine zielführende Aussage zum weiteren Vorgehen, der Umsetzung des Kupferoxids mit Holzkohle abzuleiten. Als Impuls diente eine Folie, welche einen Ausschnitt der Lebenssituation Ötzis wiedergab und auf die Feuerstelle verwies. Daraus konnten die SchülerInnen einen geeigneten Versuch ableiten, wobei die Lehrperson die konkreten Massenangaben jedoch vorgab und die Lernenden die Entstehung eines roten Feststoffs als zentralen Aspekt neben einer Gasentwicklung sowie einer deutlichen Energiefreisetzung hinsichtlich des Aufglühens des Reaktionsgemisches beobachten konnten. Hier endet die erste Doppelstunde der Einheit, welche einen naturwissenschaftlichen Prozess der Erkenntnisgewinnung umfasste, aber eine Deutung der Beobachtungen, sowie geeignete Nachweisreaktionen noch nicht umgesetzt hat. Als Hausaufgabe wurde neben einem Arbeitsblatt zur „Denkbaren Kupfergewinnung zu Ötzis Zeiten“ auch eine Recherche zur Verwendung von Kupfer heute eingefordert.

In der folgenden Doppelstunde galt es zunächst den Kontext abzuschließen, wobei der Einstieg in die Stunde über ein podcast gelang, welcher nochmals das Besondere der Gletschermumie und damit die zentrale Fragestellung des Kontextes fokussierte. Sofort konnten die Lernenden wieder einsteigen in den Kontext und die „Phase der Erarbeitung“ und formulierten als Deutung, dass es sich bei dem roten Feststoff um Kupfer handeln müsse, welcher im Rahmen einer exotherm verlaufenden chemischen Reaktion entstanden sei. Ebenso wurde vermutet, dass das entwichene Gas Kohlenstoffdioxid sein könnte. Ein von den Lernenden abgeleiteter Versuch zum Nachweis des Gases wurde als Demonstrationsversuch durchgeführt, so dass abschließend eine vollständige Reaktionsgleichung wie folgt formuliert werden konnte:

$$\text{Kupferoxid (s)} + \text{Kohlenstoff (s)} \rightarrow \text{Kupfer (s)} + \text{Kohlenstoffdioxid (g); exotherm}$$

Wie bereits einleitend ausgeführt, findet sich in der letzten Phase des Ansatzes in Anlehnung an die Konzeption von „Chemie im Kontext“ die Betrachtung eines neuen Kontextes, an dem das Prinzip der Sauerstoffübertragung als vorläufiges Verständnis einer Redoxreaktion zu verallgemeinern ist. Die Einleitung in diesen neuen Kontext im Rahmen einer „Begegnungsphase“ gelingt über die Ausarbeitungen der Lernenden zur Verwendung und Bedeutung des Kupfers heute, die zugleich die Frage nach weiteren Metallen mit zunehmender Bedeutung in der heutigen Zeit aufwirft. Ein Verweis auf Silizium als wichtiges Element genügte, um das vielfältige Vorwissen der SchülerInnen zur Verwendung des Metalls zu aktivieren und zugleich auf die Stundenfrage abzuheben, wie das Element aus der Verbindung Siliziumdioxid (Sand) gewonnen werden könne.

Vom Sand zum Chip – das Silizium

Computer sind aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken. Auch die rasanten Fortschritte in den Naturwissenschaften, der Medizin und Technik wären ohne Computerchips undenkbar gewesen. Zur Herstellung der Computerchips aber auch für den Aufbau von Solarzellen wird Silizium benötigt, wodurch Silizium bzw. Sand zunehmende Bedeutung in unserem Leben hat, denn Sand (Siliziumdioxid) ist der Ausgangsstoff für die Gewinnung von Silizium!

Stellt eine begründete Vermutung an, wie man aus Sand das Silizium gewinnen könnte.

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Bildquellen:
http://www.helles-koepfchen.de/Bilder/Originale/Wissen/Universum/solarzelle@solarberatung.com.gif
http://www.neotion.com/images/NEOTION-Chip-NP4.jpg
http://i00.i.aliimg.com/photo/365644474/electric_arc_furnace_EAF_v0.summ.jpg
http://www.buch-der-synergie.de/c_neu_html/c_fotos_ok/sonnenenergie/134_wacker_silizium_herstellung.jpg

Abbildung 22: Arbeitsblatt Teil 1 „Vom Sand zum Chip – das Silizium“

In einer Phase der „Neugier- und Planung“ entwickelten die Lernenden ein Experiment zur Herstellung des Siliziums aus dem Sand, indem sie ihre Vorkenntnisse zur Rolle des Kohlenstoff zur Umsetzung des Kupferoxids zu Kupfer in den neuen Kontext transferierten und

diese Phase somit zugleich eine Phase der „Vertiefung und Vernetzung“ darstellt. Die SchülerInnen formulierten erfolgreich die nachfolgende Wortgleichung:

$$\text{Siliziumdioxid (s)} + \text{Kohlenstoff (s)} \rightarrow \text{Silizium (s)} + \text{Kohlenstoffdioxid (g)}$$

Da diese Reaktion nicht im Schülerversuch zu realisieren ist, wurde als positive Rückmeldung zum Erarbeiteten ein podcast gezeigt (WDR 2004), welcher die technische Realisierung der Ansätze der Lernenden zeigt und sich somit unterstützend auf die Motivation der Lernenden durch Authentizität auswirkt und zudem den Unterricht durch mediale Vielfalt bereichert. Das nachfolgende Arbeitsblatt (Abbildung 23) leitete über zum Schülerversuch, wobei auch hier ein Lehrerimpuls hinsichtlich des zu verwendenden Reaktionspartners notwendig, aber aufgrund der großen Eigenständigkeit der Lernenden zuvor, nicht störend war. An dieser Stelle wurde zur Deutung ebenfalls eine Wortgleichung eingefordert, welche damit als dritte Sauerstoffübertragungsreaktion Vergleiche und damit die Erkenntnis von Parallelitäten zuließ (s. Kapitel 1.2.1 „Analogiebegründeter Transfer“).

$$\text{Siliziumdioxid (s)} + \text{Magnesium (s)} \rightarrow \text{Magnesiumoxid (s)} + \text{Silizium (s); exotherm}$$

Es sei angemerkt, dass sich auch an dieser Stelle eine „Phase der Erarbeitung“ mit einer solchen der „Vertiefung- und Vernetzung“ vermischt und anhand der von den Lernenden erkennbaren Gemeinsamkeiten eine allgemeine Definition einer Redoxreaktion abgeleitet werden kann, wobei die Begrifflichkeiten selbst allerdings als Information hineingegeben werden müssen. Eine Phase der Dekontextualisierung kann damit an dieser Stelle vernachlässigt werden, durch die stete Einforderung des Transfers aufgrund der Erkenntnis von Parallelen. Um ebendiese Leistung weiter zu fördern und auszubauen und insbesondere zur Evaluation der Einheit, dient als Hausaufgabe ein anzufertigender Comic, welcher zum Inhalt den Ablauf einer Redoxreaktion haben soll (s. Kapitel 3.3.3 Evaluation der Einheit).

Siliziumherstellung:

Zur Herstellung von Silizium wird in einem ersten Schritt Sand (Siliziumdioxid) mit Kohlenstoff in elektrischen Öfen (Lichtbogenöfen) zu Rohsilizium umgesetzt. Da dieses noch zahlreiche Verunreinigungen enthält, wird es anschließend noch mehrfach in komplizierten Verfahren gereinigt.

Führt im folgenden Experiment einmal selbst den ersten Schritt auf dem Weg zum Computerchip durch, indem ihr Sand mit Magnesium anstelle des technisch verwendeten Kohlenstoffs umsetzt.

Versuchsanleitung:
Arbeite unter dem Abzug!
Schutzbrille nicht vergessen!

Geräte/Chemikalien: Becherglas, Trichter, Reagenzglas, Reagenzglasklammer, Spatel, Bunsenbrenner, Stativmaterial, Magnesiumpulver, feinkörniger, getrockneter Sand

Durchführung:
- Mische zwei Spatel Sand und drei Spatel Magnesiumpulver im Becherglas.
- Gib das Gemisch mit Hilfe des Trichters in ein Reagenzglas und spanne dieses schräg in ein Stativ ein.
- Stelle anschließend den Bunsenbrenner unter das Reagenzglas und ziehe die **Schutzscheibe des Abzugs** herunter.

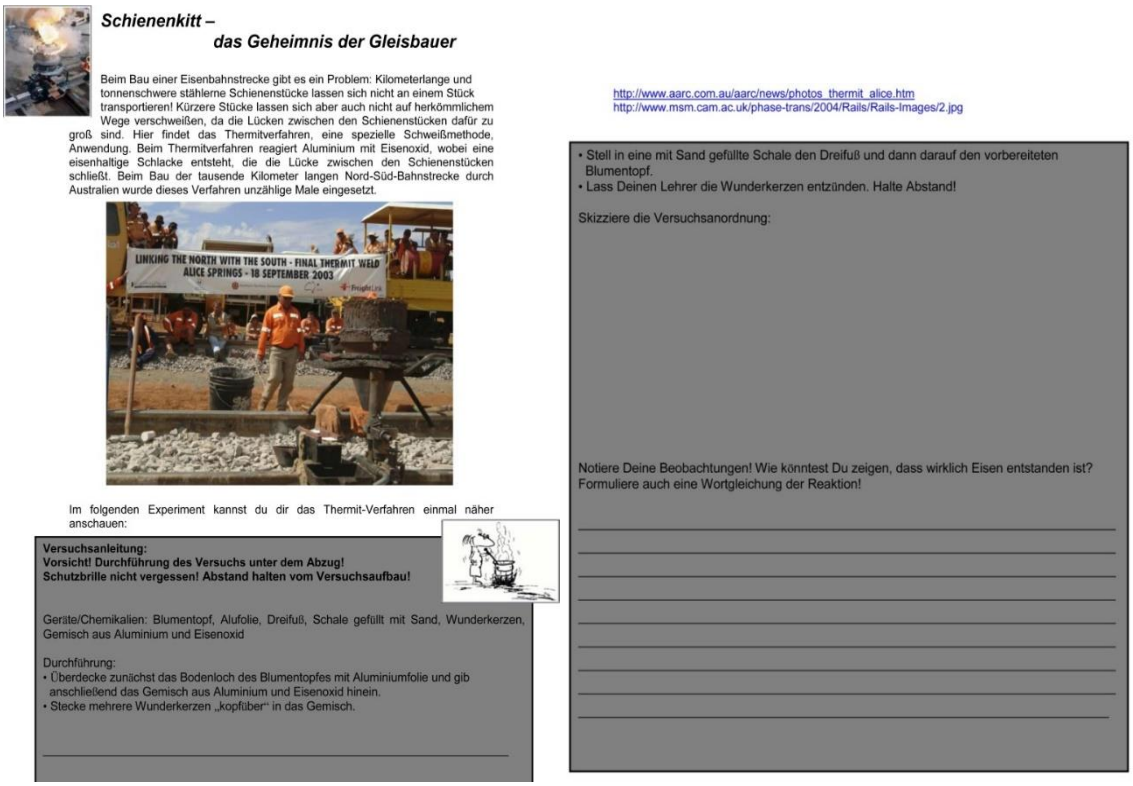
Notiere deine Beobachtungen und formuliere eine Wortgleichung der Reaktion!

Abbildung 23: Arbeitsblatt Teil 2 „Vom Sand zum Chip – das Silizium“

Der dritte Kontext der folgenden Doppelstunde „Schienenkitt - das Geheimnis der Gleisbauer“ behandelt das Thermitverfahren und fand sich wieder in einem gesellschaftlichen Kontext der Besiedlung des australischen Kontinents und der in diesem Zusammenhang herausragenden Bedeutung der Eisenbahn. Ein vorangegangener Besuch des „Auswandererhauses“ in Bremerhaven warf die Frage nach der Besiedlung Australiens auf, welche zugleich recherchiert wurde. Eine Landkarte Australiens unterstrich die große Rolle der Eisenbahn zur Besiedlung des Kontinents und rief die zentrale Fragestellung der Stunde hervor,

wie dies umzusetzen sei, hinsichtlich einer herzustellenden Verbindung zwischen den Schienenstücken.

Die Lernenden sollten aufbauend auf ihrem Vorwissen sowie der Intention eine Verbindung aus Eisen zwischen den Schienenstücken zu schaffen, einen technisch realisierbaren Aufbau skizzieren, was ebenfalls im nachfolgenden Kapitel zur Evaluation der Einheit gesondert analysiert werden soll (s. Kapitel 3.3.3 Evaluation der Einheit). Auch hier ist die Zielsetzung der Transfer der zuvor erarbeiteten Grundlagen der Redoxchemie in einen neuen Kontext, wobei der zu skizzierende Aufbau Rückschlüsse ermöglicht zur Fähigkeit Transfer zu leisten. An diese erneute Überschneidung von „Erarbeitungs-“ sowie „Vernetzungs- und Vertiefungsphase“ schloss sich ein Demonstrationsexperiment zum Thermitverfahren an, das somit in seinen Grundzügen im zuvor entwickelten technischen Aufbau bereits von den Lernenden entwickelt wurde.



Schienenkitt – das Geheimnis der Gleisbauer

Beim Bau einer Eisenbahnstrecke gibt es ein Problem: Kilometerlange und tonnenschwere stählerne Schienenstücke lassen sich nicht an einem Stück transportieren! Kürzere Stücke lassen sich aber auch nicht auf herkömmlichem Wege verschweißen, da die Lücken zwischen den Schienenstücken dafür zu groß sind. Hier findet das Thermitverfahren, eine spezielle Schweißmethode, Anwendung. Beim Thermitverfahren reagiert Aluminium mit Eisenoxid, wobei eine eisenhaltige Schlacke entsteht, die die Lücke zwischen den Schienenstücken schließt. Beim Bau der tausende Kilometer langen Nord-Süd-Bahnstrecke durch Australien wurde dieses Verfahren unzählige Male eingesetzt.

Im folgenden Experiment kannst du dir das Thermit-Verfahren einmal näher anschauen:

Versuchsanleitung:
Vorsicht! Durchführung des Versuchs unter dem Abzug!
Schutzbrille nicht vergessen! Abstand halten vom Versuchsaufbau!

Geräte/Chemikalien: Blumentopf, Alufolie, Dreifuß, Schale gefüllt mit Sand, Wunderkerzen, Gemisch aus Aluminium und Eisenoxid

Durchführung:
• Überdecke zunächst das Bodenloch des Blumentopfes mit Aluminiumfolie und gib anschließend das Gemisch aus Aluminium und Eisenoxid hinein.
• Stecke mehrere Wunderkerzen „kopfüber“ in das Gemisch.

http://www.aarc.com.au/aarc/news/photos_thermit_alice.htm
http://www.msm.cam.ac.uk/phase-trans/2004/Rails/Rails-Images/2.jpg

• Stell in eine mit Sand gefüllte Schale den Dreifuß und dann darauf den vorbereiteten Blumentopf.
• Lass Deinen Lehrer die Wunderkerzen entzünden. Halte Abstand!

Skizziere die Versuchsanordnung:

Notiere Deine Beobachtungen! Wie könntest Du zeigen, dass wirklich Eisen entstanden ist? Formuliere auch eine Wortgleichung der Reaktion!

Abbildung 24: Arbeitsblatt „Schienenkitt – das Geheimnis der Gleisbauer“

Die eingeforderte Wortgleichung der Reaktion ermöglicht wiederum einen Transfer erarbeiteter Fachinhalte und hiermit verbunden der Fachsprache in eine neue Problemstellung. An dieser Stelle erfolgt allerdings eine Abstraktion bzw. eine Erweiterung des Konzepts im Sinne ausgeführter Abstraktionsebenen, hier der Entwicklung einer (vorläufigen) Symbolgleichung:

$$\mathrm{Fe/O\ (s)\ +\ Al\ (s)\ \rightarrow\ Fe\ (s)\ +\ Al/O\ (s);\ exotherm}$$

Ein Filmausschnitt zur Umsetzung des Thermitschweißens in der Realität rundet die Stunde und schließt sie ab[73]. Als Hausaufgabe wurde das Erstellen von „Spickzetteln“ eingefordert, welche ebenfalls der Evaluation der Einheit dienten und die Frage des Erkennens von Parallelitäten fachinhaltlicher Aspekte beantworten und somit die vermeintliche Notwendigkeit einer Phase der Dekontextualisierung beurteilen sollte.

Die nachfolgende Doppelstunde eröffnete einen Kontext, welcher als Übungskontext bezeichnet wurde, da sich hier keinerlei Erarbeitung neuer fachlicher Inhalte findet, sondern vielmehr es um die Anwendung des Gelernten in einer neuen komplexen Problemstellung geht. Dadurch ist die nachfolgende Aufgabenstellung bzw. die Bearbeitung dieser durch die Lernenden von zentraler Bedeutung in der nachfolgenden Evaluation der Einheit, um die zentrale Fragestellung beantworten zu können, inwiefern der didaktische Ansatz der Unterrichtseinheit zur Förderung von Transfer führt.

Da dies im nachfolgenden Teil ausgiebig zu diskutieren sein wird (s. Kapitel 3.3.3 Evaluation der Einheit), möchte ich mich an dieser Stelle lediglich auf die inhaltlichen Anforderungen beschränken. Aufzuklären war der fingierte Todesfall aufgrund des Vorwissens der Lernenden, ihrer als Hausaufgabe angefertigten „Spickzettel“ sowie der Unterstützung durch Recherchen im Internet. Der sehr offen gehaltene Aufgabenkontext sollte zu einem „Polizeibericht“ führen, welcher die Redoxreaktion zwischen Quecksilberoxid und Eisen als Todesursache erkannte. Hierbei war es zunächst unerheblich, welches Abstraktionsniveau gewählt wurde, um die Reaktion darzulegen.

[73] Filmbeitrag aus der Mediathek des WDR (www.wdr.de/tv/kopfball/sendungsbeitraege/2010/1121/schienenschweissen.jsp?ranking=true)

„Der unsichtbare Mörder“ – die Untersuchung des Tatortes

„[…] „Der Fall ist klar!“ mit diesen Worten schloss Kommissar Craddock seine kurze Betrachtung des Opfers ab und richtete sich auf. „Sofort verhaften! Auf Mrs. Luck wartet nun nur noch der Henker.“ Miss Marple, die dem Inspektor aufmerksam über die Schulter geschaut hatte, legte nun ihre Stirn in meterhohe Falten, die an Wellen auf der Themse erinnerten.

Miss Marple betrachtete den toten Gärtner mit geschultem, eindringlichem Blick wie er auf dem Boden des fensterlosen Kellergewölbes lag. Neben dem typisch modrigen Geruch alter feuchter Keller erkannte Miss Marple mit ihrer feinen Spürnase einen metallischen Geruch, ja sogar Geschmack auf ihrer Zunge...“Mhh, interessant...!“ Während das Scotland Yard Team bereits im Gehen begriffen war, beugte sich Miss Marple über die Leiche und öffnete den Mund des Toten: wenige Zähne standen einsam in entzündetem Zahnfleisch, welches einen schwarzen Rand aufwies und zudem mit Geschwüren besetzt war...Damit war die Todesursache klar!

Blitzschnell öffnete Miss Marple die Kellerfenster. „Was machen Sie da?“ drehte sich der Inspektor verdutzt um.

„Die Todesursache, Herr Inspektor, ist keineswegs Herzversagen! Es ist Gift! Ich frage mich nur noch woher das Gift kam. Ich bezweifle, dass Mrs. Luck ihren Gärtner wirklich vergiftet hat!“ Dabei durchsuchte Miss Marple´s kriminalistisches Gespür das Kellergewölbe…plötzlich fiel ihr Blick auf eine Dose, in der Rattengift (Quecksilberoxid), aufbewahrt wurde - doch mit den Jahren hatte sie offensichtlich Rost angesetzt…“Damit ist der Fall geklärt!“"

Kannst Du den Fall aufklären? Erläutere, woran der Gärtner gestorben ist und ob Mrs. Luck wirklich die Mörderin ist. Schreibe hierzu einen polizeilichen Bericht. Welche weiteren Untersuchungen bzw. Beobachtungen könnten ggf. Deine Hypothese unterstreichen?

http://www.new-video.de/film-miss-marple-moerder-ahoi/
http://images2.cinema.de/imedia/6871/2008871,jMHbc85L2EfmPvLg7OwewUNEasw05Oo3tcEdmAZXz6e_5pG59kSKPNjg88byDsKHsJzy23QdyUkXqXDEGOR6mA==.jpg
http://kino.arcor.de/edbimages/49/_WFyHZ66zkIOV01Wg6mtrWGxxg==.jpg

Abbildung 25: Arbeitsblatt „‘Der unsichtbare Mörder‘ - die Untersuchung des Tatortes“

Der vorletzte Kontext „Die Nord-Süd-Verbindung durch Australien – Stahl für die Eisenbahn“ beinhaltete die Entwicklung des Hochofenprozesses und damit einer Redoxreaktion, welche als Reduktionspartner ein Nichtmetalloxid in der zentralen Reaktion zeigt. Es findet sich also in diesem Kontext neben einer Festigung des Konzepts vorwiegend eine Erweiterung eines schon bestehenden Konzeptnetzwerks im Sinne einer Flexibilisierung zu wählender Reaktionspartner.

Der Einstieg in den Kontext gelang in Bezugnahme auf den hohen Bedarf an Eisen bzw. Stahl als Werkstoff für die Eisenbahnstrecken. Die Relevanz dieser Thematik wurde für die Lernenden über einen Zeitungsartikel herausgestellt, welcher die aufgrund des gestiegenen Stahlpreises ebenfalls erhöhten Kosten für den Tiefwasserhafen in Wilhelmshaven aufzeigte. Hieraus ergab sich eine lebhafte Diskussion möglicher Ursachen dieser Erhöhung, die primär in einem vermeintlich teuren Rohstoff oder aber in einem energieintensiven Prozess gesehen wurden. Die Lernenden erkannten allerdings an dieser Stelle eigenständig, dass Aussagen hierüber müßig zu tätigen seien, da sie keinerlei Vorkenntnisse in diesem Bereich hatten. Das in den bisher betrachteten Unterrichtsansätzen und Konzeptionen (s. u. a. PLON Kapitel 1.2.2.2), aber auch der Lehr-Lern-Forschung immanente „need-to-know-Prinzip“ findet sich an dieser Stelle wieder und bildet die motivationale Grundlage des nachfolgenden

Lernprozesses. Die Entwicklung eines geeigneten Versuchsaufbaus, um aus dem recherchierten Rohstoff Eisenoxid Eisen zu erhalten, kann sicherlich nur rudimentär gelingen. Auch hier ist eine erneute Lehrerinformation hinsichtlich des im Hochofen gebildeten Kohlenstoffmonooxids als Reduktionsmittel erforderlich, da die SchülerInnen als Transferleistung basierend auf den zuvor erarbeiteten Inhalten nur den Kohlenstoff in dieser Rolle anführen könnten. Ausgehend vom folgenden Arbeitsblatt wurde der „Hochofen im Reagenzglas“ im Schülerversuch in Kleinstgruppen durchgeführt und erneut die entsprechende Redoxgleichung und die vorher stattfindende unvollständige Oxidation des Kohlenstoffs zu Kohlenstoffmonoxid thematisiert. Den Abschluss der Doppelstunde bildete erneut ein Film, welcher die Authentizität und damit die Bedeutung des Erlernten unterstrich und die Lernenden selbst als Experten auswies. Als Hausaufgabe und zugleich in der Evaluation der Einheit zu betrachten, sind die von den Lernenden zu bauenden Hochofenmodelle, sowie ein Bericht, wie eine Welt ohne Eisen aussehen würde (s. Evaluation).

Die Nord-Süd-Verbindung durch Australien – Stahl für die Eisenbahn

Die Nord-Süd-Schienenverbindung durch den australischen Kontinent war ein wahres Mammut-Projekt. In den Schienen, die jetzt den Kontinent durchziehen, stecken nicht nur tausende Arbeitsstunden und Millionen Dollar, sondern natürlich auch viele Tonnen an Stahl, aus dem die Schienen geschmiedet wurden. Und auch für den Jade-Weser-Port braucht man Tonnen an Stahl…
Um Stahl herzustellen, muss zunächst in Hochöfen aus Eisenoxid Roheisen gewonnen werden. Dazu lässt man das Eisenoxid mit Kohlenstoffmonoxid – dieses erhält man aus der Verbrennung von Kohle bei hohen Temperaturen – reagieren.

Das so erhaltene flüssige Eisen wird anschließend im Stahlwerk zu Stahl weiterverarbeitet und schließlich „in Form“, z.B. in Schienenform oder Spundwänden, gebracht.
Im folgenden Versuch könnt ihr euch einmal ein Modell eines solchen Hochofens
im Reagenzglas nachbauen und selbst Eisen produzieren. Dabei übernimmt der
Oxi-Reiniger die Rolle der Sauerstoffquelle. Na dann, Leinen los und Abfahrt!

Versuchsanleitung:
Schutzbrille nicht vergessen!

Geräte/Chemikalien: Reagenzglas, Stativmaterial, Bunsenbrenner, Oxi-Reiniger, kleine Tonscherben, Glaswolle, Gemisch aus Eisenoxid und und Kohle

Durchführung:
- Fülle das Reagenzglas zunächst 5-6 cm hoch mit Oxi-Reiniger und überschichte diesen ca. 1 cm hoch mit kleinen Tonscherben.
- Fülle anschließend das Kohle-Eisenoxid-Gemisch in das Reagenzglas bis etwa 2 cm unter dessen oberen Rand. Setze abschließend etwas Glaswolle auf das Gemisch auf.
- Erhitze zunächst mit dem Brenner bis zur schwachen Rotglut.
- Richte dann den Brenner auf den Oxi-Reiniger.
- Wird das Glühen schwächer, stelle das Erhitzen des Reinigers ein und lass das Reagenzglas erkalten.
- Gib die Reste des eingesetzten Gemisches in eine Porzellanschale und prüfe auf geeignete Weise, ob wirklich Eisen entstanden ist.
- Notiere Deine Beobachtungen und fertige eine genaue Skizze deines „Hochofens“ an. Formuliere Wort- und Symbolgleichungen für die im Hochofen ablaufenden Reaktionen auch unter Verwendung von chemischer Fachsprache!

http://www.stahlwerk-augustfehn.de/images/start.jpg
http://www.bastisunwetter.de/flagge_australien_001.gif

Abbildung 26: Arbeitsblatt „Die Nord-Süd-Verbindung durch Australien – Stahl für die Eisenbahn“

Als letzter Kontext der Unterrichtsreihe „Metalle in Industrie und Technik“ wurde eine Redoxreaktion betrachtet, welche als Festigung des Hochofenprozesses angesehen werden kann, da sie erneut Nichtmetalloxide als Reaktionspartner (in diesem Fall als Oxidationsmittel) aufgreift. In Anlehnung an (Haas et al. 2003) wurde eine Problemsituation geschaffen, indem im Anschluss an einen Filmausschnitt ein Demonstrationsexperiment der „Wunderkerzen unter Wasser“ vorgestellt wurde (de Vries & Sauermann 2003). Das eindrucksvolle Experiment fasziniert die SchülerInnen zunächst als Phänomen, wobei sich für die Lernenden ein Widerspruch zu ihrem Vorwissen zu ergeben scheint, da „Feuer“ doch mit Wasser zu löschen ist. Im Rahmen eines jeder Stunde zugrunde liegenden naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses formulieren die Lernenden eine erste hypothetische Reaktionsgleichung, welche bereits den gelösten oder der in der Verbindung selbst enthaltenen Sauerstoff des Wassers als Reaktionspartner heranzieht. Durch ein geeignetes, von den Lernenden entwickeltes Schülerexperiment kann letztlich auch durch Verweis auf energetische Betrachtungen während der Reaktion die Reaktionsgleichung angegeben werden.

Die nachfolgende Tabelle stellt die Unterrichtseinheit hinsichtlich der kontextualen Abfolge, der kontextbasiert zu erarbeitenden bzw. zu vertiefenden Fachinhalte und des Transferanspruchs nochmals zusammen.

Tabelle 30: Aufbau der Einheit „Metalle in Industrie und Technik“

Kontext	Inhalt	Transferleistung
„Ötzi – das Geheimnis der Gletschermumie“	Erarbeitung der Reaktion zwischen Kupferoxid und Kohlenstoff zu Kupfer und Kohlenstoffdioxid; Phase der Vertiefung und Vernetzung des Kontextunterrichts gelingt über nachfolgenden Kontext	Vorwissen über Oxidationsreaktionen (insbesondere der Oxidation elementaren Kupfers zu Kupferoxid) sowie Nachweisreaktionen
„Vom Sand zum Chip – das Silizium“	Verallgemeinerung des Prinzips der Sauerstoffübertragungsreaktion (Redoxreaktion)	Parallelen zum vorangegangenen Kontext können erkannt werden und zunächst die „Realreaktion“ im Lichtbogenofen formuliert werden. Anschließend (Lehrerinfo) erfolgt die Erarbeitung der im Schülerexperiment durchzuführenden Reaktion mit Magnesium. Aus den drei dann vorliegenden Reaktionen können im Unterrichtsgespräch Gemeinsamkeiten abgeleitet und eine Definition mit entsprechenden Begrifflichkeiten formuliert werden.

Kontext	Inhalt	Transferleistung
„Schienenkitt – das Geheimnis der Gleisbauer“	Erweiterung und Festigung der Redoxreaktionen durch weiteres Beispiel des Thermitschweißens; Aufbau bzw. Reaktion eigenständig zu entwickeln; erste Symbolgleichungen ohne Berücksichtigung der Stöchiometrie	Transfer grundlegender Prinzipien einer Redoxreaktion in neue Problemstellungen/Kontexte
„Der unsichtbare Mörder – die Untersuchung des Tatortes“	Redoxreaktion zwischen einem Metall und einem Nichtmetalloxid	Transfer grundlegender Abläufe einer Redoxreaktion; Symbolgleichung
„Die Nord-Süd-Verbindung durch Australien – Stahl für die Eisenbahn“	Entwicklung des Hochofenprozesses, wobei das bereits vorhandene Verständnis von Redoxreaktionen um nichtmetallische, gasförmige Reaktionspartner Erweiterung findet	Transfer grundlegender Abläufe einer Redoxreaktion; Symbolgleichung
„Lara Croft´s Unterwasserfackeln“	Redoxreaktion zwischen einem Metall und einem Nichtmetalloxid	Erweiterung des Konzepts der Redoxreaktionen um Wasser(-dampf) als Oxidationsmittel

3.3.3 Evaluation der Einheit

3.3.3.1 Feedback der Lernenden

Die zentrale, durch die nachfolgende Evaluation zu beantwortende Fragestellung, ist die Frage nach einem transferfördernden Potential der vorliegenden Einheit mit ihren zuvor dargelegten besonderen didaktischen Ansätzen. Zunächst sei postuliert, dass effektives Lernen nur in einer Lernumgebung gelingen kann, die der Lernende als positiv beurteilt. Zu diesem Zwecke wurden in regelmäßigen Abständen Rückmeldungen der SchülerInnen eingefordert, um die Passgenauigkeit des Unterrichts hinsichtlich der Lerngruppe stets kritisch zu hinterfragen und um dadurch die eingesetzte Methodik beurteilen zu können. Durch diese Rückmeldungen kann zwar keine Aussage über den Lernerfolg getroffen werden, doch sind diese Äußerungen der Lernenden eine erste Legitimation für den entwickelten Ansatz.

Zunächst seien die freien, anonymen Rückmeldungen der Lernenden zur ersten Doppelstunde „Ötzi-das Geheimnis der Gletschermumie“ betrachtet, wobei angemerkt sei, dass nicht alle 27 SchülerInnen der leistungsheterogenen Klasse Rückmeldungen zur Stunde formulierten. Besonders herauszustellen sind die durchweg positiven Rückmeldungen der Lernenden als Beurteilung der ersten Doppelstunde der neuen Einheit, wobei die nachfolgend angegebenen Kriterien zur sehr guten Kritik führten.

Tabelle 31: Feedback zur Unterrichtsstunde „Ötzi-das Geheimnis der Gletschermumie“

	Versuche/Experimente: *„Das Thema mit den Versuchen war interessant!“*	**Hoher Lernzuwachs:** *„Ich fand die Chemiestunden gut, da wir viel experimentiert und gelernt haben.“*	**Mediale Unterstützung:** *„Ich fand die Chemiestunden gut, da wir zwei Versuche gemacht haben und nicht nur schreiben mussten, sondern vieles anhand von Bildern und Videos erklärt bekommen haben.“*	**Lerntagebuch:** *„Ich finde es eine gute Idee mit dem Lerntagebuch.“*
Anzahl der Nennungen in den Rückmeldungen der SchülerInnen (unter Berücksichtigung von mehrfach Zuordnungen)	9	1	3	4

Die Tabelle unterstreicht, dass die Gründe für die absolut positive, z. T. sehr gute Beurteilung der Doppelstunde, vorwiegend in dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg selbst zu finden sind, insbesondere den selbstständig entwickelten und durchgeführten Versuchen. In diesem Zusammenhang muss auch der Aspekt medialer Unterstützung gesehen werden, der die bereits zuvor angenommene Authentizität des Erkenntnisprozesses unterstützt.

Das positive Herausstellen des Lerntagebuchs lässt auf eine entsprechende Motivation dieser SchülerInnen schließen, wobei die Lernenden mit der Methode selbst noch keine Vorerfahrungen sammeln konnten.

Die hohe fachinhaltliche Dichte, welche ebenfalls genannt wurde, fällt zudem nicht im Zusammenhang mit einer Gängelung des Lernenden, so dass Begriffe wie „spannend“ aber auch „vermuten“ einen entdeckenden Unterrichtsprozess ausgehend vom Lernenden unterstreichen. Trotz der zeitlichen Kürzung des Ansatzes von „Chemie im Kontext“ scheinen die mit der Konzeption angestrebten motivationalen Aspekte keinerlei Einschränkung erfahren zu haben. Kritsch angemerkt sei an dieser Stelle, dass einige Rückmeldungen der SchülerInnen zu allgemein blieben, da diese die Methode der Kritikeinforderung offenbar noch nicht gewohnt waren.

Hierzu wurde die Methodik des Feedbacks in den nachfolgenden Abschnitten der Einheit weiter konkretisiert. So wurde zur zweiten Doppelstunde „Vom Sand zum Chip – das Silizium“ anhand einer authentischen und lebensweltlich den Lernenden durchweg bekannten Startseite das Schreiben einer email eingefordert an einen guten Freund/eine gute Freundin, als Kurzbericht und Beurteilung des unterrichtlichen Geschehens. Eine solche Art der Rückmeldung sollte Rückschlüsse zulassen, inwiefern bereits Zusammenhänge erkannt wurden und eine detaillierte Aussage zur Methodik der Einheit ermöglichen.

Tabelle 32: Feedback zur Unterrichtsstunde „Vom Sand zum Chip – das Silizium“

	Zentrale Inhalte und Zusammenhänge der Stunde nicht erkannt (lediglich Begriff der Redoxreaktion wird zusammenhanglos genannt)/Bezug zum Kontext fehlt: *„Hallo Hans, heute in Chemie haben wir gesagt, was wir letzte Stunde gemacht. Danach haben wir einen Versuch gemacht, über Kupfer. Zum Schluss haben eine Redoxreaktion gemacht.“*	Inhalt der Stunde wird nicht wiedergegeben, aber methodischer Wechsel wird als positiv herausgestellt: *„Hallo Lukas, Heute war Unterricht gut, da wir ein Film geguckt und „Experimentiert“ haben, Und alles ruhig zuging. Ciau Hendrik“*	Zusammenhänge werden herausgestellt, naturwissenschaftlicher Erkenntnisprozess wird hervorgehoben: *„Hallo, Günther, meine Chemiestunde war Heute echt gut! Als erste haben wir das mit dem „schwarzen Feststoffes“ von der letzten doppelstunde noch mal unter die Lupe genommen. ;) danach haben wir kurz die Hausaufgaben vergleicht. Zum Schluß haben wir dann mit einem „neuem“ Thema Angefangen (Silizium) es hat viel Spaß gemacht!“*
Anzahl der SchülerInnen, deren Rückmeldung der jeweiligen Kategorie zuzuordnen ist	3	13	11

Zunächst sei zur richtigen Einordnung vorliegender Tabelle angeführt, dass offensichtlich einige SchülerInnen aufgrund fehlender Feedback-Erfahrungen die eingeforderten Kritikaspekte nicht richtig umsetzen konnten und wahrscheinlich die Wiedergabe unterrichtlicher Inhalte auf eben jenes Niveau einschränken, dass eine von ihnen verfasste email auch haben würde.

Herauszustellen ist, dass auch nach diesem Kontext nur positive Beurteilungen vorlagen. Die angegebenen Rückmeldungen, die besonders den methodischen Wechsel positiv bewer-

ten, führten vorwiegend die Experimente des Unterrichts aber auch die mediale Unterstützung an. Immerhin bei 11 Lernenden finden sich die unterrichtlichen Zusammenhänge wieder und ein naturwissenschaftlicher Erkenntnisprozess wird angesprochen.

Im dritten Feedback zur nachfolgenden Doppelstunde „Schienenkitt - das Geheimnis der Gleisbauer“ wurde mit Hilfe eines symbolhaften Bildes die Problematik unpräziser Rückmeldungen weiter konkretisiert, in dem ein Feld vorgegeben wurde, in dass der Inhalt der Stunden aufgearbeitet werden musste, um anschließend in „Waagschalen“ die Doppelstunde anhand stichwortartiger Rückmeldungen als positiv oder negativ zu beurteilen. Damit sollten aber auch zwei Aspekte der Rückmeldungen untersucht werden, so neben den positiven und negativen Aspekten der Stunde auch die Fähigkeit der Lernenden den zentralen Inhalt herauszustellen.

Tabelle 33: Feedback zur dritten Unterrichtsstunde „Schienenkitt – das Geheimnis der Gleisbauer“

Positive Aspekte der Stunde:	Negative Aspekte der Stunde:
- viel Neues	- zu viel Tafelarbeit
- nichts Unverständliches	
- gute Erklärung	- Lerntagebuch
- spektakulärer Versuch	- kein Schülerversuch
- Einführung in die Problemstellung	
- mediale Vielfalt (Einsatz eines Filmes)	
- eigenständige Entwicklung der Stunde durch die SchülerInnen (Gruppenarbeit zur Erarbeitung des Versuchsansatzes)	- teilweise Gefühl des „auf sich allein gestellt“ seins in der Erarbeitungsaufgabe
- interessantes Thema (kontextuelle Einbettung)	
- Wiederholungen	
- „lebensweltliches Expertenwissen“	

Die Tabelle verdeutlicht erneut ein dominierendes positives Bild der Methodik der Unterrichtsreihe, wobei von 27 Rückmeldungen nur eine Negative zur Doppelstunde vorliegt. Auch die genannten negativen Aspekte des Unterrichts können weitestgehend relativiert werden, so der bemängelte fehlende Schülerversuch der Stunde - da es hierzu keinen geeigneten Schülerversuch gibt musste auf ein Lehrerdemonstrationsexperiment zurückgegriffen werden.

Ebenso das Gefühl des „alleingelassen seins“ im Zusammenhang mit der Entwicklung eines geeigneten experimentellen Aufbaus ist sicherlich auf die fehlende Erfahrung in ebendieser Methodik als auch hinsichtlich des einmal bemängelten Lerntagebuchs zu sehen. Die angeführten positiven Aspekte des Unterrichts bestätigen dafür umso mehr das gewählte metho-

dische Vorgehen. Zwar wird eine inhaltliche Fülle angesprochen, diese jedoch in ihrer lebensweltlichen Bedeutung und der verständlichen Erarbeitung als positiv gewertet, wozu hauptsächlich die kontextuelle Einbettung beiträgt.

Die durch die mediale Vielfalt angestrebte Authentizität, sowie die damit eng verbundene Selbstständigkeit der Lernenden, werden als positiv herausgestellt. Kritisch gesehen werden muss allerdings der inhaltliche Teil, welcher durch das Lerntagebuch noch ausgiebig zu beurteilen sein wird.

Tabelle 34: Feedback zur dritten Unterrichtsstunde – Fokus fachlicher Inhalt

	Nennung des zentralen erlernten Verfahrens („Thermitverfahren“): *„…habe ich gelernt, wie eine Lücke zwischen zwei Bahnschienen geschlossen wird. Ich habe gelernt, dass die Redoxreaktion zwischen Aluminium und Eisenoxid ziemlich heiss ist.“*	Ablaufende Redoxreaktion wird nicht erkannt, sondern z. B. nur ein Schmelzen des Eisens angeführt: *„…haben wir gelernt wie man Eisen erhitzen kann, dass es schmilzt“*	Inhalt der Stunde wird fälschlicherweise in der Herstellung einer Eisenbahnschiene gesehen und der Kontext dominiert die inhaltliche Wiedergabe: *„…das Australien von Streflingen besiedelt wurde. Außerdem wie man heute ein Stück einer Eisenbahnschiene herstellt“*	Keine inhaltliche Wiedergabe
Anzahl der SchülerInnen, deren Rückmeldung der jeweiligen Kategorie zuzuordnen ist	16	4	4	2

Zwar fassen nur zwei der Lernenden den Inhalt der Stunde nicht zusammen, doch auch die anderen Spalten der Tabelle bedürfen einer kritischen Sichtung. Weit über die Hälfte der Probanden der Klasse finden sich in der ersten Spalte wieder, in der Nennung des zentralen Verfahrens. Da dies aber mehr oder weniger ausführlich geschah, kann anhand dieses Feedbacks nicht mit Bestimmtheit behauptet werden, der Großteil der Lernenden habe den zentralen Inhalt der Stunde richtig erfasst. Inwieweit dies gelungen ist, muss die Auswertung des Lerntagebuchs zeigen, da dies Rückschlüsse darüber zulässt, inwiefern kontextgebundene

Inhalte dekontextualisiert in ein Konzept-Netzwerk übernommen werden konnten. Vier Lernende gaben einen falschen inhaltlichen Zusammenhang wieder, so dass hier das Konzept der Redoxreaktion noch nicht immanenter Bestandteil des Erklärungskonzepts der SchülerInnen geworden ist und die Verknüpfung der Kontexte offensichtlich für diese nicht transparent ist.

Die letzte freie Rückmeldung gaben die Lernenden zum Kontext „Der unsichtbare Mörder – die Untersuchung des Tatortes“. Auch diese Doppelstunde wurde von der gesamten Lerngruppe positiv bewertet, wobei die zentralen Aspekte der Beurteilung nicht nur in der ungewöhnlichen kontextuellen Einbettung eines Mordfalls gesehen wurden, sondern erneut in der großen Selbstständigkeit und dem medialen Einsatz im Rahmen der Recherche und kritischen Beurteilung, was zugleich zu den Kernkompetenzen des naturwissenschaftlichen Unterrichts gehört.

3.3.3.2 Ausarbeitungen der Lernenden

Zu den zu beurteilenden Ausarbeitungen der Lernenden gehören die schon im ersten Teil im Zusammenhang mit dem Aufbau der Unterrichtsreihe angesprochenen „Comics“, der entwickelte Aufbau des Thermitschweißens, die „Spickzettel“ der SchülerInnen, das gebaute Modell eines Hochofens sowie der Essay über eine „Welt ohne Eisen“. Jeder dieser vielfältigen Aufgaben lässt Rückschlüsse auf die individuelle Konzeptentwicklung des Lernenden zu und damit auch eine Beurteilung hinsichtlich der Zielsetzung der Einheit im Sinne eines transferfördernden Potentials. Jedoch sei angemerkt, dass die Auswertung und Beurteilung vorliegender Erarbeitungen stets differenzierter Methoden der Evaluation bedarf.

Das Erstellen einer zeichnerischen Darstellung zur Thematik der Redoxreaktionen im Anschluss an den zweiten Kontext lässt zum einen Rückschlüsse zu, inwiefern der Inhalt verstanden und im Rahmen einer den Lernenden naheliegenden personifizierenden Ebene ausgeführt werden kann und stellt zum anderen einen Transfer des Erlernten auf eine Abstraktionsebene dar, die als eine Verallgemeinerung des zugrunde liegenden Prinzips gedeutet werden kann.

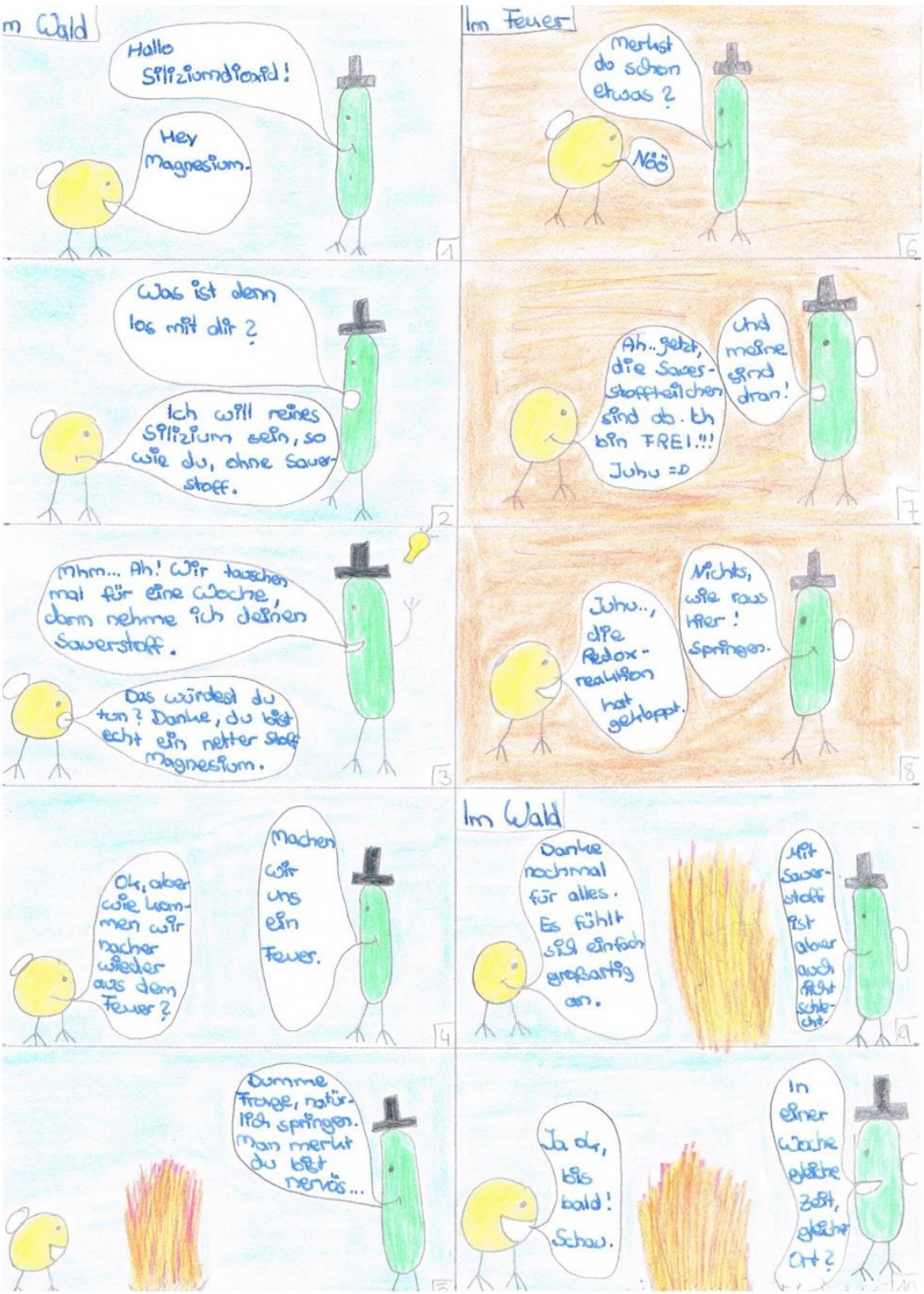


Abbildung 27: Comic zum Ablauf einer Redoxreaktion-Beispiel 1

Der Comic zeigt eine weitestgehend gelungene Umsetzung am konkreten Beispiel der Redoxreaktion zwischen Magnesium und Siliziumdioxid, wobei jedoch - neben der unpassenden Verortung der Szenerie - auffällt, dass die dargestellten Atome nur teilweise die bereits als Vorwissen geltende Kugelform aufweisen. Sehr schön wird hier allerdings die energetische Seite der Reaktion berücksichtigt und die notwendige Aktivierungsenergie zur Reaktion aufgegriffen. Die Freisetzung beim Ablauf der Redoxreaktion wird zwar nicht explizit genannt, könnte aber mit dem weiter bestehenden Feuer in Abbildung neun und zehn gemeint sein. Zudem sei kritisch eine angesprochene Reversibilität bemerkt, die im Unterricht so nicht angenommen wurde. Eine sehr gelungene Darstellung zeigt auch der nachfolgende Comic.

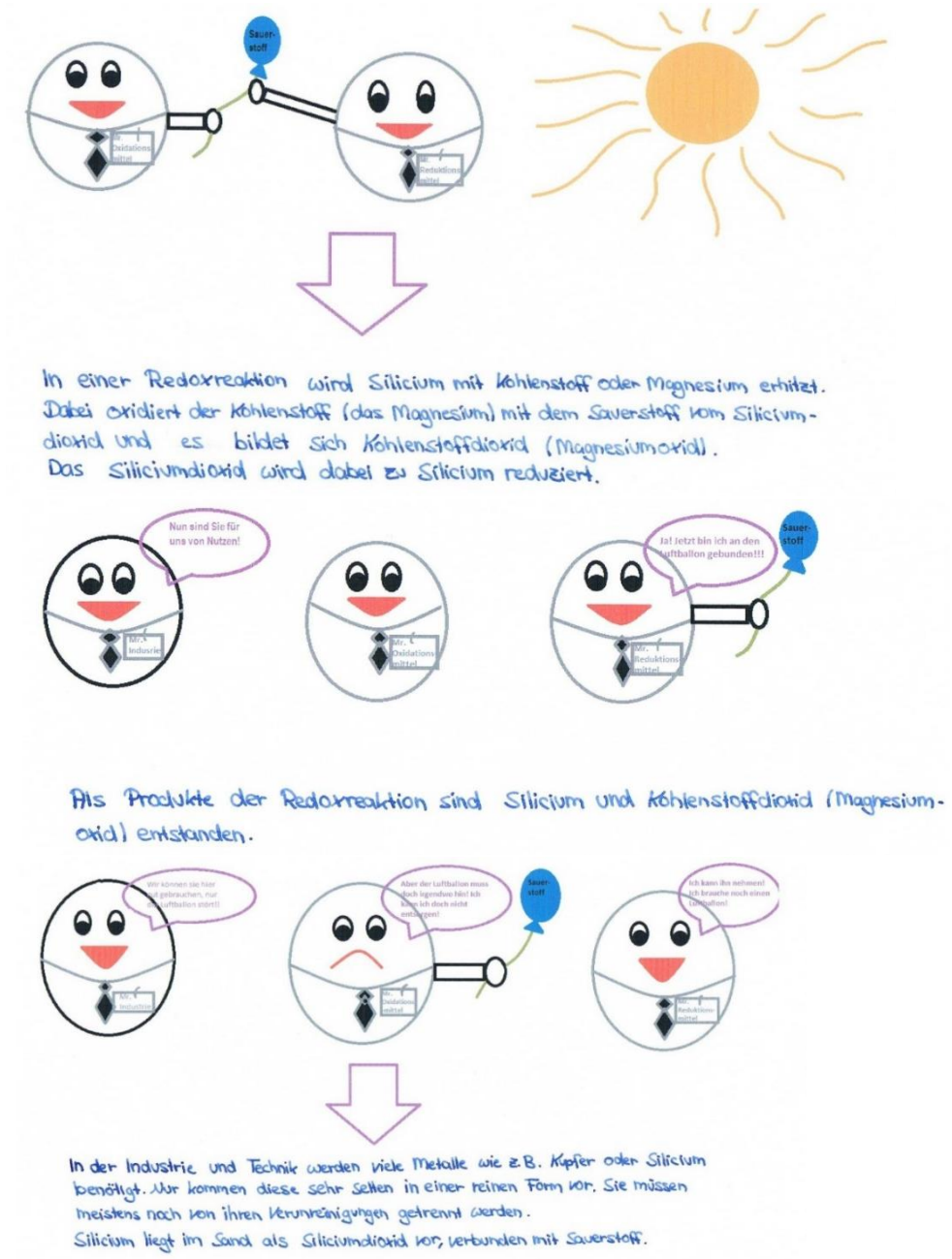


Abbildung 28: Comic zum Ablauf einer Redoxreaktion-Beispiel 2

Im Bezug zum letzten Comic sei angemerkt, dass dieser ein außerordentlich hohes Abstraktionsniveau im Sinne einer Verallgemeinerung ablaufender Redoxreaktionen aufweist. Die Darstellung wurde von einer als hochbegabt zu bezeichnenden Schülerin angefertigt und weist sicherlich bereits das höchste erreichbare Niveau auf, zeigt sie doch eine Ausführung auf fachsprachlichem Niveau, leider ohne Berücksichtigung des exothermen Charakters der Redoxreaktion. Die nachfolgenden Tabellen geben einen Eindruck in die weiteren Leistungen der SchülerInnen.

Tabelle 35: Auswertung des Comics – Reaktionsablauf

Kategorien bzgl. der Ausführungen zum Ablauf einer Redoxreaktion	Anzahl der Lernenden in dieser Kategorie
richtige Darstellung, wobei bereits eine vermeintliche Reversibilität angesprochen wird	2
richtige Darstellung im Sinne einer Sauerstoffübertragungsreaktion	13
Ablauf einer Redoxreaktion nur unvollständig ausgearbeitet	4
keinerlei Bezug zur Redoxreaktion	2

An dieser Stelle des Unterrichts kann der Ansatz durchaus als erfolgreich bezeichnet werden basierend auf der Betrachtung der Comics der Lernenden, so finden sich in 65 % der Darstellungen eine richtige Umsetzung der Grundlagen der Redoxreaktion, wohingegen nur 10 % aller SchülerInnen keinerlei Darlegung einer Redoxreaktion vermögen. Hier gelingt also der Transfer des Gelernten in einen neuen Darstellungszusammenhang und damit einer Abstraktionsebene nicht. Hinsichtlich der 10 % der Lerngruppe, welche zudem eine Reversibilität ansprechen, welche keinesfalls im Unterricht suggeriert wurde, bleibt festzustellen, dass dies noch in den nachfolgenden Unterrichtsstunden aufzugreifen ist, ebenso wie jene 20 %, die den Ablauf einer solchen Reaktion nur wiedergeben können.

Tabelle 36: Auswertung des Comics – Energetik

Kategorien bzgl. energetischer Aspekte der Reaktion	Anzahl der Lernenden in dieser Kategorie
keine energetische Betrachtung	5
Aktivierungsenergie wird dargestellt	10
exothermer Charakter der Redoxreaktion wird wiedergespiegelt	2
Aktivierungsenergie und exothermer Charakter dargestellt	3

Im Bezug zum energetischen Ablauf einer Redoxreaktion fällt auf, dass insbesondere die zuzuführende Aktivierungsenergie bei der Hälfte der Lernenden präsent ist und als notwendig zum Ablauf einer solchen Reaktion skizziert wird. Ein Anteil von 25 % der Bearbeitungen, welche keine energetischen Betrachtungen berücksichtigen, ist allerdings deutlich zu hoch.

Offenbar, und dies ist curricular zu begründen, ist die Energetik einer chemischen Reaktion phänomenologisch nicht so dominant wie die stofflichen Veränderungen, welche demgegenüber sich zudem als fassbar darstellen. Die Energetik einer Redoxreaktion ist somit noch expliziter zu erörtern und in den Fokus der Beobachtungen zu bringen. Als positiv schon an dieser Stelle des Unterrichts sollte aber genannt werden, dass von zwanzig vorliegenden Ausarbeitungen immerhin 15 sich mit unterschiedlichen Facetten der Energetik einer solchen Reaktion beschäftigen, drei sogar fachlich umfänglich.

Tabelle 37: Auswertung des Comics – Teilchendarstellung

Kategorie bzgl. der Darstellung der Teilchen im Comic	Anzahl der Lernenden in dieser Kategorie
nur teilweise wird Kugelform umgesetzt	**7**
Kugelform der reagierenden Teilchen kohärent umgesetzt	**5**
keinerlei Darstellung als Kugeln, vielmehr ausgeprägte gestalthafte Darstellung	**8**

Die Darstellung der Reaktionspartner im Comic sollte auf der zuvor erarbeiteten Daltonschen Atomtheorie beruhen und damit die Teilchen als kugelförmig wiedergeben, was allerdings nur in 25 % aller Comics in Gänze gelingt. Vielmehr dominiert eine freie Gestaltung der Reaktionspartner, die an dieser Stelle jedoch nicht beurteilt werden soll, war doch die Aufgabe den Ablauf einer Redoxreaktion als Comic darzustellen. Hier überlagert das Format Comic und die dadurch provozierte Phantasie der Lernenden die fachliche Erfordernis der kugelförmigen Darstellung der Teilchen. Mit ebenjener Einschränkung zeigen die Ausarbeitungen aber durchaus einen Transfer in neue Darstellungszusammenhänge. Abschließend können an dieser Stelle des Unterrichts die Umsetzungen der SchülerInnen als Erfolg gewertet werden und zudem als ein Indiz erfolgreichen Transfers im Anschluss an nur zwei Kontexte.

An dieser Stelle des Unterrichts schloss sich, wie bereits ausgeführt, unmittelbar die Erarbeitung der beim Thermitschweißen ablaufenden Redoxreaktion an. Das Verfahren selbst sollte von den Lernenden abgeleitet werden und ein geeigneter Aufbau auf Folien präsentiert werden. Auch dies stellt einen Transferprozess des Vorwissens der SchülerInnen dar und soll ebenfalls im Folgenden betrachtet werden, wobei nachfolgend die Gruppenarbeitsergebnisse abgebildet sind.

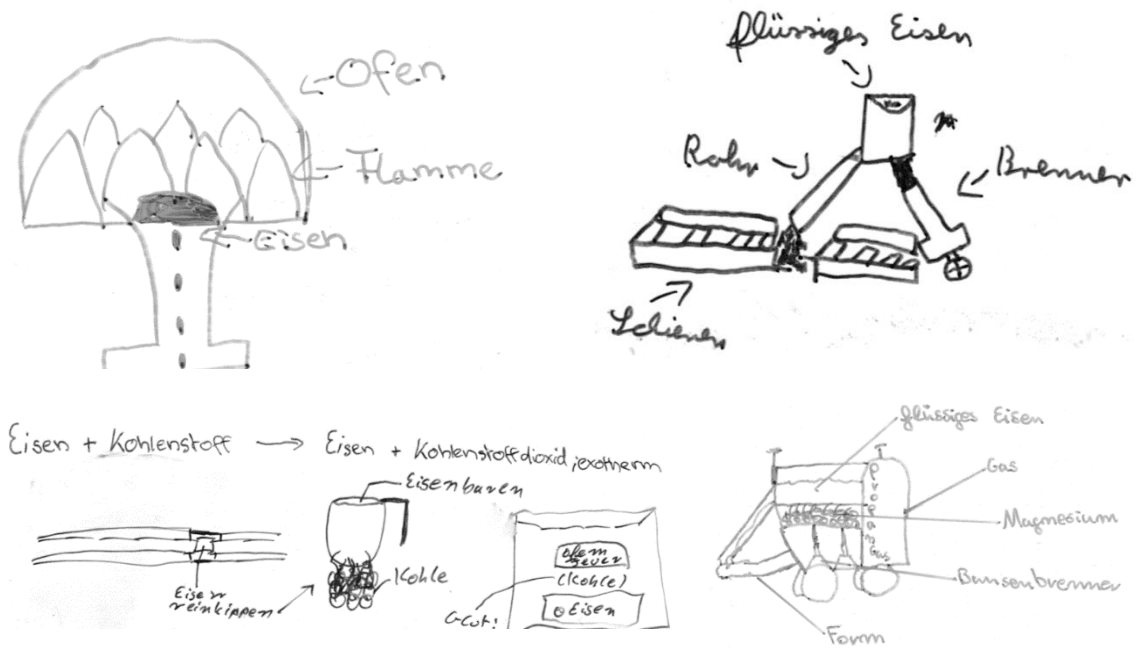


Abbildung 29: Ergebnisse der Gruppenarbeitsphase zur Entwicklung des Thermitschweißens

Obige beispielhafte Ausarbeitungen beruhen auf der dominierenden Vorstellung, man müsse das elementare Eisen in einem geeigneten Ofen schmelzen, welches sogleich die Lücke zwischen den Schienen zu schließen vermag. An einen vermeintlichen Umweg über eine geeignete Redoxreaktion wird nicht gedacht, da diese sich in der Problemstellung für die Lernenden offenbar nicht als notwendig erweist, vermutlich, da das energetische Potential dieser nicht transparent ist, was sich in vier der insgesamt sieben Gruppenarbeiten zeigt.

In drei der sieben Gruppenarbeiten wird immerhin die Notwendigkeit einer ablaufenden Reaktion erkannt und das Magnesium als Reaktionspartner kurzerhand aus dem „Siliziumkontext“ in den neuen Kontext transferiert. Bei der Reaktion sollte eine so hohe Temperatur nach Aktivierung frei werden, so dass flüssiges Eisen entsteht. Gleiches gilt auch für den Transfer des Kohlenstoffs als Reduktionspartner im ersten Kontext in die neue Problemstellung. Die Gruppenarbeiten zeigen somit gelungene Ansätze erfolgreichen Transfers.

Auch im anschließenden Übungskontext „Der unsichtbare Mörder – die Untersuchung des Tatortes“ war der Transfer des Vorwissens der Lernenden in eine neue Problemstellung zentraler Bestandteil der Unterrichtsstunde. Auch hier mussten die SchülerInnen selbstständig durch geeignete Recherche und zuvor erarbeitete Grundlagen eine Problemlösung in Gruppen formulieren im Kontextstil eines Polizeiberichts. Zur Auswertung liegen neun Gruppenarbeiten vor, die nachfolgend betrachtet werden. Um zu beurteilen, wie erfolgreich die SchülerInnen Transfer leisten konnten, wäre es zu kurz gefasst nur die richtige Darstellung einer

Redoxreaktion zwischen Quecksilberoxid und Eisen zu werten, sondern auch die verwendeten Abstraktionsniveaus, der generelle Bezug auf eine Redoxreaktion und die richtige Recherche der Todesursache als Symptome einer Quecksilbervergiftung sind ebenso zu benennen.

Tabelle 38: Auswertung des Übungskontextes „'Der unsichtbare Mörder' – die Untersuchung des Tatortes"

Gruppe	Reaktionsgleichung	Schilderung des Vorgangs
1	vollständige Wort- als auch vorläufige Symbolgleichung	Aktivierungsenergie wird ursächlich im Rosten der Dose gesehen; diffuse Deutung des Atemgifts Quecksilberchlorid
2	vollständige Wort- als auch vorläufige Symbolgleichung	vollständige, richtige Schilderung unter Assoziation weiterer mgl. Beobachtungen
3	vollständige Wort- als auch vorläufige Symbolgleichung	kompetente Verwendung von Fachsprache, doch fehlerhafte Darstellung des Reaktionsablaufes, „giftige Dämpfe" werden nicht explizit als Quecksilber bezeichnet
4	ohne Bezug zur Aufgabenstellung und vorangegangener Schilderung im Sinne einer Wort- und Symbolgleichung der Oxidation von Quecksilber	fehlerhafte Schilderung beruhend auf der Annahme bei Raumtemperatur sich entwickelnder Quecksilberoxiddämpfe
5	fehlerhafte Wort- und Symbolgleichung der Oxidation von Quecksilber	fehlerhafte Schilderung des ursächlich ausgetretenen Quecksilberoxids, welches durch „Dunkelheit und Kälte" in Reaktion mit dem Sauerstoff im Keller entsteht; Quecksilberoxid als tödliches Gift
6	vollständige Wort- als auch vorläufige Symbolgleichung	vollständig richtige, unter kompetenter Verwendung der Fachsprache Schilderung der Vorgänge
7	Wortgleichung vollständig, jedoch fälschlicherweise als endotherm charakterisiert	Verwendung der Fachsprache, jedoch fehlerhafte Schlussfolgerung des Rosts der Dose auf eine Oxidation des Quecksilberoxids; „giftige Dämpfe" nicht explizit als Quecksilber benannt
8	Reaktionspartner „Rost" wird im Rahmen einer Wortgleichung folgerichtig zu „Rostoxid"	„Rost" wird fälschlicherweise nicht als Produkt sondern vielmehr als Edukt (Reduktionsmittel) verstanden; giftige Gase werden als Quecksilber erkannt
9	Wort- und Symbolgleichung ohne Bezug zueinander bzw. zur Darstellung	Verdunstung des Quecksilbers im „feuchten Keller", wodurch sich giftige Stoffe bilden, die sich in der Dose sammeln.

Vier der insgesamt neun Gruppenausarbeitungen vermögen eine im Sinne des Kontextes richtige Wort- und Symbolgleichung zu formulieren und unterstreichen dadurch ihre Fähigkeit zum Transfer in eine neue Problemstellung und ein Abstraktionsniveau, welches ausgehend vom Phänomen eine Abstraktion hinsichtlich einer Symbolgleichung vermag. Dies kann als großer Lernzuwachs und eine hohe Problemlösekompetenz gewertet werden.

Bei weiteren zwei Ausarbeitungen zeigen sich lediglich kleinere Mängel, so in Gruppe sieben und acht, welche zum einen eine endotherme Redoxreaktion annehmen und zum anderen „Rost“ fälschlicherweise als Edukt bezeichnen, dies aber kohärent umsetzen. In beiden Fällen können sicherlich leicht mögliche Fehler im nachfolgenden Unterricht erkannt und zukünftig vermieden werden, wobei die Betrachtung der Energetik vorliegender Reaktion schon zuvor als zu thematisieren angesprochen wurde.

Zieht man nun die Verbindung zu den geschilderten Vorgängen, fallen einige Brüche auf. Zunächst in Gruppenarbeit eins, welche zwar die richtige Reaktionsgleichung formulierten, jedoch diese nicht schlüssig in ihre Schilderungen der Vorgänge einbetten, sondern vielmehr auf eine vermeintliche Bildung von Quecksilberchlorid hinausgehen und dies als eigentliches Gift kennzeichnen, was auf einer fehlerhaften Recherche der Giftwirkung beruhen könnte. Zwar weist die Annahme notwendiger Aktivierungsenergie für den Ablauf der Reaktion auf transferiertes Vorwissen hin, diese wird allerdings fälschlicherweise im Rosten der Dose gesehen. Eine stringente Verknüpfung zwischen Reaktionsgleichung und Schilderung der phänomenologischen Ebene findet sich hier somit nicht. Diese Leistung gelingt allerdings in hervorragender Weise den Gruppen zwei und sechs, zudem unter kompetenter Verwendung von Fachsprache.

Zwar findet sich diese auch in den Ausarbeitungen der Gruppe drei, doch zeigt sich hier ein analoger Bruch, wie bereits zuvor ausgeführt. So können trotz richtig formulierter Reaktionsgleichung die giftigen Dämpfe nicht als Quecksilber identifiziert werden. In den Schilderungen der Gruppen findet sich auch eine Vorstellung sich entwickelnder Quecksilberoxid-Dämpfe und damit eine physikalische Deutung der Vorgänge. Hier scheint das Konzept der Redoxreaktion noch keineswegs als tragfähiges Konzept zur Erklärung neuer Problemstellungen akzeptiert worden zu sein, so auch in Gruppe neun, welche die Verdunstung des Quecksilbers annimmt, die Entstehung dieses jedoch nicht formulieren kann.

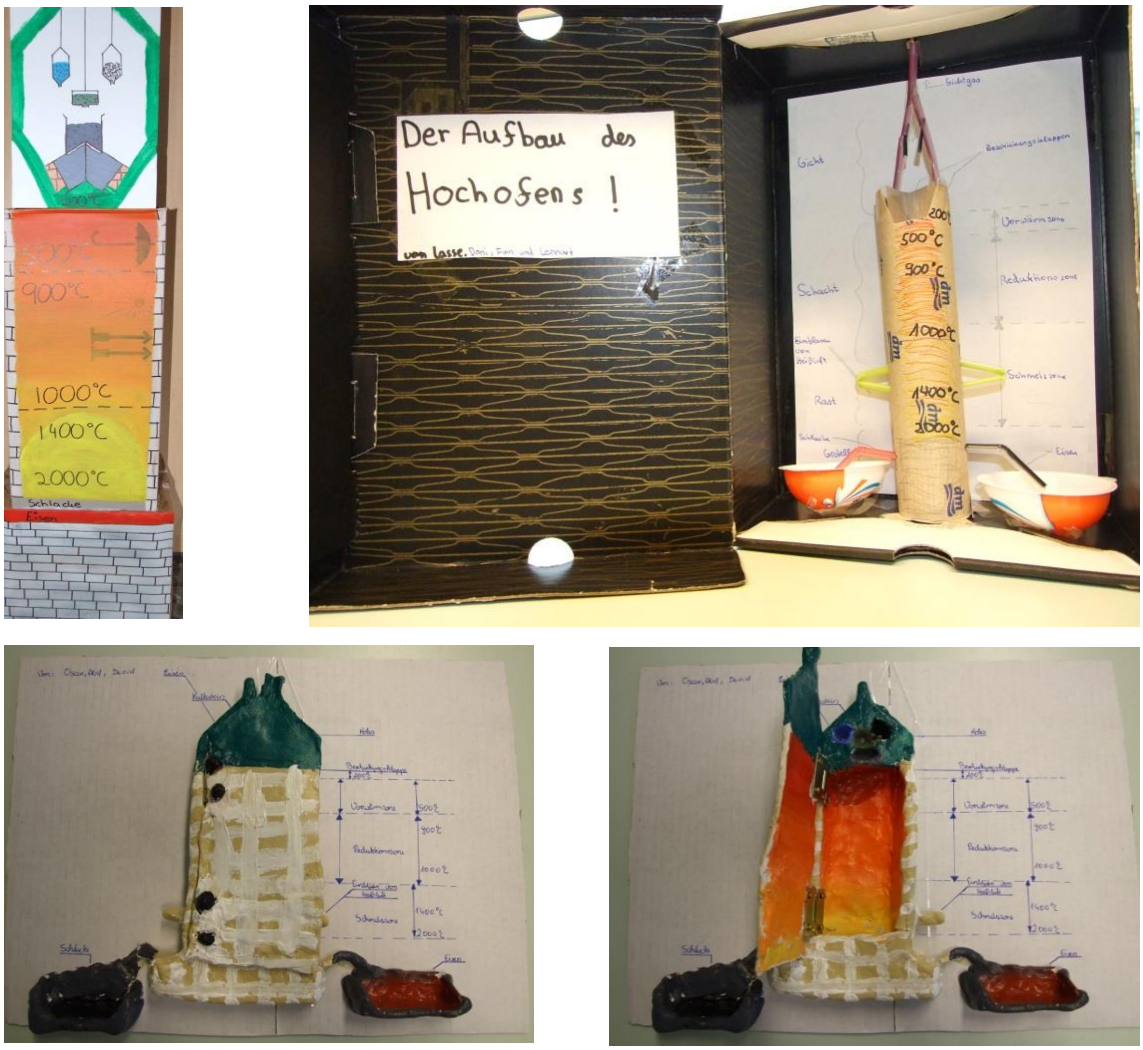


Abbildung 30: Exemplarische Arbeiten der Lernenden zur Darstellung des Hochofenprozesses

Einen Bruch zeigt auch Gruppe sieben, welche zwar eine richtige Erklärung im Sinne einer Reaktionsgleichung gibt, aber vom Rost der Dose auf eine Oxidation des Quecksilberoxids schließt, wobei eine solche vermeintliche Bildung des Quecksilberoxids die im Kontext angegebenen Inhalte übersieht. Trotz erwähnter Einschränkungen kann aufgrund der Bearbeitungen auf einen Erfolg der Einheit im Sinne eines transferfördernden Potentials geschlossen werden, wobei noch expliziter die Zusammenhänge zwischen Reaktionsgleichung und phänomenologischer Ebene Berücksichtigung finden sollten.

Im sich anschließenden Kontext zur Erarbeitung des Hochofenprozesses mussten die Lernenden, ähnlich wie in der Ausarbeitung der Comics, ihre Kenntnisse zum Verfahren in kreativer Form darstellen. Dies stellt ebenfalls einen Transfer dar und zeigt, inwiefern zentrale Fachinhalte Einzug gefunden haben in das Konzeptnetzwerk des Lernenden und präsentiert werden können. Nachfolgend finden sich einige Bilder der Modelle der SchülerInnen, welche in Gruppenarbeit angefertigt wurden.

Die exemplarischen Modelle dokumentieren eine tiefe Durchdringung und kreative Umsetzung des Hochofenprozesses, indem die SchülerInnen die zentralen Inhalte des Prozesses frei aufgreifen und im Rahmen einer Präsentation erklären konnten, was als erfolgreicher Transfer des Gelernten in eine neue Darstellungsebene verstanden werden kann.

Die sich heran anknüpfende Aufgabe ein Essay über eine Welt ohne Eisen zu schreiben, sollte die Bedeutung des Stoffes Eisen bzw. Stahl unterstreichen und damit die Bedeutung und Relevanz des Erlernten in der Lebenswelt der SchülerInnen hervorheben, wobei auch diese Ausarbeitungen als gelungen bezeichnet werden können, eine vertiefende Betrachtung dieser aber ausbleibt, da sie nicht zur Beantwortung der zentralen Fragestellung eines transfer fördernden Potentials unmittelbar einsichtig wären.

Abbildung 31: „Welt ohne Eisen“

Als letztes vor der Analyse der Lerntagebücher der SchülerInnen sollen nun die von ihnen vorgelegten „Spickzettel“ dahingehend untersucht werden, inwieweit die Lernenden es eigenständig vermochten die zentralen fachlichen Inhalte der Einheit zu extrahieren und damit zu dekontextualisieren, was als eine Voraussetzung der Anwendbarkeit dieser Inhalte in neuen Problemstellungen insbesondere von Lehrkräften immer wieder betont wird (vgl. insbesondere Kapitel 2). Anzunehmen sind die nachfolgend angegebenen Kategorien der Tabelle, wobei eine Loslösung vom Kontext im Sinne der dritten Spalte wünschenswert wäre.

Tabelle 39: Auswertung der „Spickzettel“

Kategorien bzgl. der Darstellung der Fachinhalte im Rahmen der „Spickzettel“	**Anzahl der Lernenden in dieser Kategorie**
Die Fachinhalte werden kontextgebunden rekapituliert (beispielhafte „Spickzettel“ s. Anhang).	14
Die Fachinhalte werden dekontextualisiert zusammengefasst (beispielhafter „Spickzettel“ s. Anhang).	1
Der Kontextinhalt dominiert die zentralen Aspekte des Fachinhalts „Redoxreaktionen“ (beispielhafte „Spickzettel“ s. Anhang).	3

Die Tabelle zeigt eine deutliche Dominanz hinsichtlich einer kontextgebundenen Wiedergabe der Fachinhalte. Unter Berücksichtigung theoretischer Betrachtungen aber insbesondere der Ansichten interviewter Lehrkräfte, muss dies kritisch im Hinblick auf Transferleistungen gesehen werden. Um dies jedoch abschließend beurteilen zu können, sollten die Leistungen im Nachtest untersucht werden, sowie die Darstellungen in den Mind Maps der SchülerInnen, welche ebenfalls eine Dekontextualisierung der zentralen unterrichtlichen Inhalte erfordern. Nur ein Lernender zeigt eine angestrebte kontextunabhängige Formulierung zentraler Fachinhalte, wobei die Ausarbeitungen verdeutlichen, dass eine solche Dekontextualisierung aus dem Erkennen von Parallelitäten/Analogien in den Kontexten erwächst, welche auch im unterrichtlichen Geschehen stets angestrebt wurde. Damit stellt sich dieser „Spickzettel“ als ein Indiz „Analogiebegründeten Transfers“ dar. Lediglich ein verschwindend geringer Anteil der Probanden der Lerngruppe zeigt eine Dominanz des Kontextinhalts gegenüber dem Fachinhalt, was zwar als negativ zu werten ist, die Ursache dafür aber in einer fehlenden Erfahrung kontextbasierter Unterrichtsformen zu sehen sein kann. Hier ist sicherlich eine weitergehende Übung mit einem solchen didaktischen Ansatz notwendig und sollte auch im Zusammenhang mit erstgenanntem Phänomen berücksichtigt werden, den Fachinhalt vom Kontext zu trennen.

3.3.3.3 Lerntagebücher und Nachtests der Lernenden

Die Ausarbeitungen der Lernenden im Rahmen ihrer Lerntagebücher fallen weit hinter den Erwartungen zurück. Das Lerntagebuch wurde als ständige Hausaufgabe der SchülerInnen geführt und sollte neben allen im Unterricht erhaltenen und bearbeiteten Unterlagen zu Hause durch eine kritische Reflektion des eigenen Lernprozesses Ergänzung finden. So sollten Fragen, Schwierigkeiten, Erkenntnisse und Anmerkungen als Zusätze dem Material beigebracht werden. Hieran könnte untersucht werden, wo der Lernprozess Brüche aufweist. Bedauerlicherweise zeigt kein Lerntagebuch der Lerngruppe Ansätze in diesem Anforderungsbereich.

Ohne jegliche Erfahrung im Erstellen von Lerntagebüchern fehlt auch die Kompetenz zur kritischen Reflektion des eigenen Erkenntnisprozesses. Dadurch können in dem skizzierten Untersuchungsbereich keinerlei Aussagen getroffen werden, da die vorliegenden Lerntagebücher lediglich die Form einer gewöhnlichen Mappe haben und damit nur die Bearbeitungen der SchülerInnen im unterrichtlichen Geschehen aufzeigen - primär Mitschriften eines gemeinsam entwickelten Tafelbildes und abgeleiteter Kontextreaktionen zur Deutung eines

betrachteten Phänomens bzw. einer Problemlösung. Dabei finden sich im Lerntagebuch vorwiegend Protokolle, welche in ihrer Qualität im Sinne eines naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges hier nicht einer gesonderten Beurteilung unterzogen werden sollen, da dies ein immanenter Bestandteil des naturwissenschaftlichen Unterrichts ist und nicht explizit an dieser Stelle unter dem skizzierten Forschungsaspekt untersucht werden soll.

Da die selbstständige und kritische Überprüfung eigener Tätigkeiten und Fähigkeiten bei den Lernenden wenig präsent ist und sich keinerlei freie Ansätze hierzu zeigen, sollte in einer sich anschließenden Erprobungsphase somit auf den jeweiligen Arbeitsblättern präzise die Einforderung von Fragen und Schwierigkeiten, aber auch gewonnenen Erkenntnissen zu finden sein, um die Lernenden zur Selbstreflektion anzuhalten. Ein weiterer zentraler Aspekt des Lerntagebuchs sollte die Anfertigung eines Mind Maps sein, welches jene Inhalte enthalten sollte, welche die Lernenden nach jeder Doppelstunde als gelernt erachten. Die Ergänzungen in der fortlaufenden Unterrichtsreihe wurden mit unterschiedlichen Farben kenntlich gemacht und waren motiviert durch eine Erleichterung des Lernens für einen Nachtest am Ende der Einheit.

Dies Vorgehen lässt Rückschlüsse zu, inwiefern die Lernenden die zentralen Inhalte der Stunde auch ohne eine Phase der Dekontextualisierung erfassen konnten und Zusammenhänge zwischen den Kontexten erkennen. Neben diesem zu beurteilenden Aspekt, sei hier aber auch nachfolgend eine Gegenüberstellung zu denen im Nachtest erbrachten Leistungen angestrebt.

Tabelle 40: Individualisierte Evaluation bzgl. Mind Map sowie Nachtest

SchülerInnen der Lerngruppe	Beurteilung des Mind Map	Beurteilung des Nachtests
1	Fragestellungen des Unterrichts werden unvollständig nachvollzogen; keine Dekontextualisierung exemplarischer Redoxreaktionen; Zusammenhang zwischen den Kontexten wird nicht herausgestellt (s. Anhang 1)	Reaktionspartner fälschlicherweise als Kohlenstoff identifiziert, Redoxgleichung als Wortgleichung folgerichtig; Prozess des Röstens angesprochen, Redoxreaktion als Wortgleichung abgeleitet mit Aluminium als Partner (skizzierter Aufbau: Thermitverfahren)
2	Fragestellungen des Unterrichts werden unvollständig nachvollzogen; keine Dekontextualisierung exemplarischer Redoxreaktionen; Zusammenhang zwischen den Kontexten wird nicht herausgestellt (s. Anhang 2)	Reaktionspartner Eisen wird nicht erkannt, Redoxreaktion folgerichtig; Analogie zum Hochofen wird skizziert, Reaktionsgleichung bleibt jedoch hinter den Erwartungen zurück, da Stoffe wie „Erz“ und Schlacke“ angeführt werden (s. Anhang 2 T)

SchülerInnen der Lerngruppe	Beurteilung des Mind Map	Beurteilung des Nachtests
3	Fragestellungen des Unterrichts werden unvollständig nachvollzogen; keine Dekontextualisierung exemplarischer Redoxreaktionen; Zusammenhang zwischen den Kontexten wird nicht herausgestellt	Reaktionspartner „Rost“ wird in Redoxgleichung konsequent umgesetzt („Rostoxid“); Röstprozess unverstanden, vielmehr wird eine Umsetzung mit „Kohle“ in Analogie zum ersten Kontext vorgestellt, wobei Begriffe allgemein bleiben im Sinne einer Wortgleichung („Zinkerz“, „Asche“)
4	Fragestellungen des Unterrichts werden unvollständig nachvollzogen; keine Dekontextualisierung exemplarischer Redoxreaktionen; Zusammenhang zwischen den Kontexten wird nicht herausgestellt	Problemstellung nicht erfasst, Wortgleichung einer Redoxreaktion stellt keine Verbindung zur Phänomenebene dar; Redoxreaktion als Wortgleichung mit Kohlenstoff als Reduktionsmittel richtig formuliert (Skizze fehlt)
5	Fragestellungen des Unterrichts werden unvollständig nachvollzogen; keine Dekontextualisierung exemplarischer Redoxreaktionen; Zusammenhang zwischen den Kontexten wird nicht herausgestellt (s. Anhang 5)	Problemstellung nicht erfasst, Wortgleichung einer Reaktion stellt keine Verbindung zur Phänomenebene dar; Redoxreaktion als Wortgleichung mit Kohlenstoff als Reduktionsmittel richtig formuliert; Skizze analog zum Versuchsaufbau des ersten Kontextes
6	gewählte Überschrift stellt die Verbindung zwischen den Kontexten heraus; jedoch auch hier keine Dekontextualisierung über die Kontexte hinweg; Redoxreaktionen bleiben an spezifischen Kontext gebunden; teilweise überwiegt der Kontextinhalt (Form „Stundenprotokoll“) (s. Anhang 6)	Redoxreaktion unvollständig wiedergegeben, da Reduktionsmittel fehlt (Abgabe von Sauerstoff angeführt), aber Produkt Silber erkannt; Röstprozess fehlt, Hochofenprozess ansatzweise skizziert, Redoxreaktion nicht erkannt
7	nacherzählender Charakter („Stundenprotokoll“); unvollständig; Redoxreaktionen nur teilweise kontextualisiert rekapituliert	Reaktionspartner „Luft“, Wortgleichung ohne fachlichen Bezug; Röstprozess unverstanden, kein bewertbarer Inhalt, Thematik Redoxreaktion nicht angewandt/unverstanden geblieben
8	ohne jeglichen Bezug zu zentralen Fachinhalten; Kontextinhalt prägt Darstellung; Zusammenhänge zwischen Kontexten werden nicht erkannt (s. Anhang 8)	Reaktionspartner „Rost“ wird in Redoxgleichung konsequent umgesetzt („Rostoxid“); Röstprozess richtig wiedergegeben, aber Hochofenprozess bleibt unverstanden, Redoxgleichung unvollständig
9	ohne jeglichen Bezug zu zentralen Fachinhalten; Kontextinhalt prägt Darstellung; Zusammenhänge zwischen	kein bewertbarer Inhalt; Reduktionsmittel Kohlenstoff findet sich in Versuchsanleitung in Analogie zum ersten Kontext wieder, keine richtige Umsetzung in Form einer Redoxgleichung

SchülerInnen der Lerngruppe	Beurteilung des Mind Map	Beurteilung des Nachtests
	Kontexten werden nicht erkannt; kontextualisierte Redoxreaktionen fehlen (s. Anhang 9)	
10	unvollständig und ohne jegliche Zusammenhänge zwischen den Kontexten; Fachbegriffe zusammenhanglos genannt	Problemstellung nicht erfasst, Reduktionsmittel Kohlenstoff wird in eine folgerichtige Wortgleichung eingebettet; Röstprozess fehlt, Hochofenprozess im Sinne einer Wortgleichung richtig formuliert (in beiden Fragestellungen angestrebte Symbolgleichungen ermangeln an fehlender Elementsymbolkenntnis)
11	„Stundenprotokoll"; Fachbegriff „Redoxreaktion" fällt zusamnenhanglos; Kontext teilweise ohne zentralen Fachinhaltsbezug	diffuse Deutung des Reaktionspartners, Analogie zum Hochofenprozess im Sinne Kohlenstoffmonooxids (gebildet durch die Bedingungen der verrosteten Dose) als Reaktionspartner, Wortgleichung Redoxreaktion folgerichtig; Röstprozess teilweise unverstanden (Zielsetzung aber deutlich), keine bewertbare Wortgleichung, Hochofenskizze zur Gewinnung des Rohzinks, Reduktionsmittel Kohlenstoff im Rahmen einer Wortgleichung richtig dargelegt
12	Kontext dominiert; teilweise fehlerhafte Darstellung erarbeiteter Inhalte; Redoxreaktionen werden nicht genannt	angenommene Reaktion ohne Bezug zur Problemstellung, kein Konzept erkennbar; Versuchsaufbau analog zum ersten Kontext, Prozess des Röstens nicht erläutert, Umsetzung des Erzes mit Kohlenstoff zeigt unvollständige Wort-Redoxgleichung
13	gewählter „Kern" (Eisen und Stahl: Schmelzpunkte) der Darstellung umfasst keinesfalls Einheit; keinerlei Bezug zu Redoxreaktionen; Kontext dominiert („Stundenprotokoll") im Sinne rekapitulierter Stundentätigkeiten/Fragestellungen	kein bewertbarer Inhalt, kein Konzept erkennbar, Problemstellung wird nicht erfasst; Redoxreaktion im Hochofen (Skizze) als Wortgleichung richtig erfasst, jedoch Röstprozess unverstanden
14	Wiedergabe zentraler Inhalte in kontextbasierter Form (keine Dekontextualisierung)	Redoxreaktion fälschlicherweise mit Kohlenstoff angenommen (Bruch zwischen Beobachtungs- und Deutungsebene), Fachsprache richtig verwandt, Wortgleichung folgerichtig; Röstpro-

SchülerInnen der Lerngruppe	Beurteilung des Mind Map	Beurteilung des Nachtests
		zess fehlt, Gleichung ohne Bezug, Versuchsskizze „Röstprozess“ in Analogie zum ersten Kontext
15	„Stundenprotokoll“, wobei zentrale Redoxreaktionen kontextbasiert wiedergegeben werden	Reaktionspartner wird fälschlicherweise im vermeintlichen Schwefel in der Luft gesehen (Bruch zwischen Beobachtung und Deutung), Reaktionsprodukt aber richtig angenommen sowie Wortgleichung einer Redoxreaktion folgerichtig; Röstprozess diffus, ablaufende Redoxreaktionen im Rahmen des Verhüttungsprozesses nicht erkannt
16	kontextbasierte Wiedergabe zentraler Redoxreaktionen; Verknüpfung der Kontexte nicht explizit herausgestellt	Problemstellung nicht erfasst (Produkt Silberoxid), lediglich Wort-Oxidationsgleichungen formuliert; Röstprozess sowie Hochofen skizziert, Erklärung unvollständig und ohne Reaktionsbezug
17	verbindender Inhalt herausgestellt; Redoxreaktionen exemplarisch aufgegriffen; Fachbegriffe und damit erste Elemente einer Dekontextualisierung erkennbar (s. Anhang 17)	Redoxreaktion als Wortgleichung vollständig richtig angegeben und Silber wird als Produkt identifiziert; teilweise Schwächen in der Formulierung der Wortgleichungen (Reaktionspartner „Oxid“) Konzept selbst aber vollständig richtig verstanden, Versuchsaufbau entspricht den Experimenten im Rahmen der Kontexte (erster Kontext „Rösten“, Hochofenprozess) (s. Anhang 17 T)
18	„Stundenprotokoll“ ohne Fokussierung der zentralen (kontextbasierten) Reaktionen und somit kein verbindendes Element	angenommene Reaktion ohne Bezug zur Problemstellung, kein Konzept erkennbar; Skizze zeigt Analogie zum erarbeiteten Hochofen, doch kein bewertbares Konzept
19	„Stundenprotokoll“ unter kontextbasierter Darstellung interessierender Redoxreaktionen	kein Bezug zur geschilderten Problemsituation (Bruch Beobachtungs- und Deutungsebene); kein bewertbarer Inhalt, Redoxreaktion nicht erkannt, in Ansätzen skizziertes Prinzip des Röstens bzw. des Hochofens nicht umsetzbar
20	„Stundenprotokoll“ unter kontextbasierter Darstellung interessierender Redoxreaktionen	diffuse, nicht bewertbare Deutungsansätze ohne Zugang zur Problemstellung; Skizze zeigt analoge Anordnung

SchülerInnen der Lerngruppe	Beurteilung des Mind Map	Beurteilung des Nachtests
		zum Hochofenprozess, jedoch findet sich auch hier kein bewertbarer Erklärungsansatz
21	keine kontextbasierte Darstellung exemplarischer Redoxreaktionen; Kontextinhalt dominiert; keine Verbindungen aufgezeigt	Problemstellung nicht erfasst, kein erkennbares Konzept; Hochofenskizze in Analogie erarbeiteten Aufbaus, Reaktionsgleichungen unverstanden, Konzept nicht erkennbar
22	unvollständig; keine kontextbasierte Darstellung exemplarischer Redoxreaktionen; Kontextinhalt dominiert; keine Verbindungen aufgezeigt; Fachbegriff der „Redoxreaktion“ lediglich genannt	Ausarbeitungen (Wortgleichung) entsprechen den Erwartungen im vollen Umfang; Röstprozess ausgeführt, aber es fehlt Redoxgleichung, Skizze in Analogie zu erarbeiteten Inhalten
23	Rekapitulation der naturwissenschaftlichen Erkenntniswege im Rahmen jedes Kontextes, in welchem die Redoxreaktionen kontextbasiert eingebunden sind; Verbindung zwischen den Kontexten nicht explizit ausgeführt (s. Anhang 23)	Bearbeitungen zur ersten Fragestellung entsprechen den Erwartungen in vollem Umfang (Verwendung von Fachsprache; Wortgleichung); Bearbeitungen zur zweiten Fragestellung entsprechen den Erwartungen in vollem Umfang (Verwendung von Fachsprache; Wortgleichung) (s. Anhang 23 T)

Bei Betrachtung vorliegender Mind Maps aus der Lerngruppe fällt auf, dass lediglich in einer Darstellung (17) erste Elemente einer Dekontextualisierung ausgehend von exemplarischen Redoxreaktionen in den jeweiligen Kontexten festzustellen sind und nur zwei Ausarbeitungen (6 und 17) eine vage Verbindung zwischen den Kontexten aufzeigen. In der Mehrzahl der Mind Maps, wie es obige Tabelle deutlich hervorhebt, bleiben die Redoxreaktionen an den jeweiligen Kontext gebunden, eine Dekontextualisierung wird nicht geleistet.

Zudem kann festgestellt werden, dass bei acht Mind Maps (8, 9, 11, 12, 13, 18, 21, 22) der Kontextinhalt die Darstellung dominiert, so dass es diesen Lernenden offenbar nicht möglich ist, den zentralen Fachinhalt aus dem Kontext zu extrahieren, so dass dieser stattdessen vom Kontext selbst überlagert wird.

Dadurch ist selbstverständlich auch die Erkenntnis grundlegender Zusammenhänge und Verbindungen zwischen den Kontexten nicht möglich. Eine solche Leistung steht hinsichtlich einer Abstraktion des unterrichtlichen Geschehens hinter der kontextbasierten Rekapitulation beispielhafter Redoxreaktionen zurück. Dies unterstreicht die Meinung interviewter Lehrkräfte der Notwendigkeit einer Phase der Dekontextualisierung, welche die Lernenden

vermeintlich nicht selbst leisten können und die zentralen Inhalte nicht vermögen zu extrahieren (s. Interviewstudie mit CHiK-Lehrkräften Kapitel 2). Durch die vorliegende Lerngruppe und die ausgewerteten Mind Maps wird dies offensichtlich bestätigt. Das Erlernte bleibt situiert und Vielfach können die zentralen Fachinhalte nicht in der Problemstellung selbst identifiziert werden. Dies mag ursächlich in der fehlenden Erfahrung der SchülerInnen mit dieser Methodik gesehen werden bzw. mit einem kontextbasierten Unterrichtskonzept, doch dies kann nicht ausschließlich begründet werden.

Folgt man dem Argumentationsstrang der interviewten Lehrkräfte, so müsste sich aus einer fehlenden Dekontextualisierung auch eine mangelhafte Problemlösekompetenz und damit Transferfähigkeit im Rahmen des Nachtests zeigen, wobei dies nachfolgend untersucht werden soll.

Chemietest Klasse 7 c	„Metalle in Industrie und Technik – Redoxreaktionen“	10.06.11

Für einen Versuch wird Silberoxid benötigt und tatsächlich - nach langem Suchen findet sich dies in der Chemikaliensammlung in einer alten, verrosteten und löchrigen Dose. Doch ein Blick hinein gibt Rätsel auf, denn darin finden sich auch neben dem grauen, pulvrigen Feststoff Silberoxid silbrig glänzende Metallstückchen. Was ist geschehen?
Erläutere dies Phänomen unter Verwendung chemischer Fachsprache und formuliere eine geeignete Reaktionsgleichung!

Zink findet Verwendung in vielen Gegenständen des Alltags. Ob das verzinkte Auto in der Garage, die Dachrinne, der Wasserhahn im Bad oder die Batterie in der Fernbedienung - all diese Gegenstände enthalten Zink. Zink kommt u.a. als Zinksulfid (Zinkblende (linke Abbildung) oder Wurtzit (rechte Abbildung)) in der Natur vor. Aus diesem Erz wird dann in einem Verhüttungsprozess Zink gewonnen.

Entwickle einen geeigneten Reaktionsablauf, um aus dem Erz das Rohzink zu gewinnen. Fertige hierzu auch Skizzen des Versuchsaufbaus an und formuliere entsprechende Reaktionsgleichungen unter Verwendung chemischer Fachsprache!

Abbildung 32: Nachtest

Der Nachtest weist im Rahmen einer ersten Fragestellung zunächst die Anforderungen nahen Transfers an den Kontext „Der unsichtbare Mörder – die Untersuchung des Tatortes“ auf. Analogien zur dort geschilderten Problemstellung sind offensichtlich und werden insbesondere durch die verrostete Dose als „Anker“ transportiert, wobei es sich diesmal um Silberoxid als vermeintlichen Inhalt handelt. Die Anforderungen, welche sich auch in der zweiten Fragestellung zeigen, fordern eine Redoxgleichung unter kompetenter Verwendung von Fachsprache ein, deren Abstraktionsgrad dem Lernenden freigestellt bleibt.

Die zweite Fragestellung greift auf den komplexen Inhalt der Metallverhüttung zurück, welche zu Beginn der Einheit besprochen wurde, aber auch im Rahmen des Hochofenprozesses

erneut anklang. Der zu entwickelnde Versuchsaufbau zur Gewinnung des Rohzinks fordert zunächst einen Prozess des Röstens ein und geht damit über die Redoxreaktion hinaus auf den Prozess der Oxidation ein. Im Anschluss hieran wird dann aber eine Redoxreaktion eingefordert, wobei das Reduktionsmittel zu approximieren ist, da eine Reaktivitätsreihe noch nicht abgeleitet wurde.

Zunächst sei angemerkt, dass die Leistungen der Lernenden im vorliegenden Nachtest z. T. hinter den Erwartungen zurückbleiben, was nachfolgend eingehender zu beleuchten sein wird.

Bei der Auswertung der ersten Fragestellung des Nachtests lassen sich fünf Kategorien unterschieden, in denen sich die Ausarbeitungen der SchülerInnen wiederfinden.

Tabelle 41: Nachtest erste Fragestellung

Kategorien bzgl. der ersten Fragestellung des Nachtests	Lernende in dieser Kategorie (angegebene Zahlen enstprechend anonymisierten Tests)
Ausarbeitung entspricht den Anforderungen: Problemstellung im Sinne einer Redoxgleichung gedeutet	17; 22; 23
Problemstellung insofern nicht richtig erfasst, als dass das Reduktionsmittel fehlerhaft angenommen wird, aber eine Redoxgleichung folgerichtig formuliert wird	1;2;3;8;10;11;14;15
Problemstellung nicht erfasst, Bruch Phänomen- und Deutungsebene, Reaktionsgleichung zeigt keine Verbindung zur Problemstellung	4;5
unvollständige Reaktion, da Reduktionsmittel fehlt und lediglich eine Bildung von Silber unter Sauerstoffabgabe richtig herausgestellt wird	6
keinerlei erkennbares Konzept „Redoxreaktion“, Bruch zwischen Beobachtungs- und Deutungsebene	7;9;12;13;16;18;19; 20;21

Sicherlich kann die erste Kategorie als erfolgreicher Transfer des erlernten Konzepts in eine neue Problemstellung gedeutet werden. Einschränkungen sind aber in Bezug zur zweiten Kategorie angebracht, findet hier die Problemstellung ebenso wie in Kategorie vier nur mit Einschränkungen Einzug in die formulierte Reaktionsgleichung. Es sei aber herausgestellt, dass das Konzept der Sauerstoffübertragungsreaktion sehr wohl in den neuen Kontext übertragen werden kann, es sich aber in der Problemstellung selbst für die Lernenden als schwierig erweist den Reaktionspartner zu identifizieren, da er in Form des „Rosts“ keine konkrete Nennung erfährt. Somit können die Ausarbeitungen ebenfalls als Erfolg gewertet werden, da die skizzierten Einschränkungen in einem Bruch zwischen Phänomen- und Teilchenebene gesehen werden können, welcher im nachfolgenden Unterricht der weiteren Ausschärfung bedarf und ein gesondertes Problemfeld aufzeigt. Abschließend können also mehr als die

Hälfte vorliegender Tests im Bezug zur ersten Aufgabenstellung als Erfolg hinsichtlich der Zielsetzung der Einheit gewertet werden. Negativ zu beurteilen ist allerdings der relativ hohe Anteil der SchülerInnen, welche keinerlei Transfer leisten konnten und bei denen ein Konzeptverständnis „Redoxreaktion“ offenbar fehlt. Hier sei im Folgenden über Konsequenzen nachgedacht, doch erst sollten die Leistungen im Rahmen der zweiten Fragestellung beurteilt werden.

Zur Auswertung der Leistungen der SchülerInnen soll zuerst berücksichtigt werden, inwieweit die Lernenden die zweite Problemstellung mit einem mehrstufigen Prozess in Verbindung bringen, was eine außerordentlich hohe Kompetenz im Sinne einer Reaktionsabfolge aufzeigen würde. Hierbei muss keine Reaktionsgleichung formuliert werden, welche sicherlich zentral im zweiten Reaktionsschritt ist. Bei immerhin acht (1; 8; 11; 16; 17; 19; 22; 23) der insgesamt 23 Tests findet sich die Nennung des „Röstens“ als erster Schritt zur Gewinnung des geforderten Rohzinks, was als Erfolg zu werten ist.

Die verwandten Analogien zur Ausarbeitung der Problemlösung im Nachtest an dieser Stelle kann dabei neben konkreten Textverweisen auch aus der eingeforderten Versuchsskizze abgeleitet werden. Lediglich zwei Ausarbeitungen (7; 15) weisen auf keinerlei Analogie hin und nur einmal wird das Thermitverfahren bzw. der zugehörige Versuchsaufbau als Reverenz angeführt (1). Sechs SchülerInnen führen den ersten Kontext an (3; 4; 5; 9; 12; 14) doch den Schwerpunkt bildet die Assoziation des Hochofenprozesses (2; 6; 8; 10; 13; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23), wobei sechs hiervon auch einen Röstprozess und somit eine Mehrstufigkeit des Prozesses annehmen. Dies Erkennen von Analogien kann bereits als erster Schritt auf einem erfolgreichen Problemlöseprozess verstanden werden und damit ebenso als Erfolg der Einheit. Um diesen jedoch zu unterstreichen, soll nun als letzte Stufe auch die Deutungsebene im Sinne ablaufender Redoxreaktion betrachtet werden. Es fällt auf, dass nur acht der SchülerInnen das Konzept der Redoxreaktion folgerichtig, meint entsprechend gewählter Assoziationsgrundlage richtig im Sinne einer Wortgleichung formulierten (1; 4; 5; 10; 11; 12; 13; 23). Fast ebenso viele Lernende vermögen den Zusammenhang zur Redoxreaktion nicht zu erkennen (6; 7; 15; 18; 19; 20; 21). Daneben finden sich Ausarbeitungen, welche das Konzept der Redoxreaktion in vielfältiger Hinsicht als Sauerstoffübertragungsreaktion vermissen lassen. Vielfach dominieren umgangssprachliche Begriffe. Hier wird eine fehlende Ausschärfung der Fachsprache zu Lasten eines Konzepts deutlich. Die Begriffe selbst verdecken die Aufnahme des Sauerstoffs, wobei der Lernende offensichtlich nicht die Übertragung dieser in den Fachbegriff und teilweise analoge Redoxgleichungen zu formulieren vermag.

Bezieht man die Leistungen des Nachtest auf die vorliegenden Mind Maps, so fällt auf, dass wegen fehlender Dekontextualisierung in der überwiegenden Mehrzahl der Darstellungen zu den Leistungen im Nachtest kein kohärenter Zusammenhang hergestellt werden kann.
So zeigen sich sehr wohl, obwohl die Inhalte kontextgebunden im Mind Map dargelegt wurden, erfolgreiche Problemlösungen und damit Transferprozesse im Nachtest. Die Annahme zwingend notwendiger Dekontextualisierung kann somit nicht absolut verstanden werden. Das Erkennen von Analogien und übergreifender Konzepte durch den Lernenden kann durchaus als tragend bezeichnet werden, doch muss dies weiter geübt und unterrichtlich gefestigt werden. Die ebenso zu berücksichtigen negativen Beispiele des Test machen aber auch deutlich, dass wohlmöglich leistungsschwächeren SchülerInnen ebendieser Schritt nicht so ohne weiteres und zudem ohne jegliche vorunterrichtliche Erfahrung gelingt.
Rückblickend muss somit gefordert werden, unterstützend hinsichtlich der Erarbeitung der Mind Map in den Stunden mit den Lernenden zu interagieren, um zentrale Elemente und Analogien gemeinsam herauszustellen. Die Vielzahl der Kontexte unter der ausgeführten Prämisse hat sich sicherlich bewährt, doch sollten den SchülerInnen die genannten Hilfestellungen gegeben werden und das Instrument Lerntagbuch damit als solches Ausschärfung erfahren. In der Erarbeitung der Kontexte selbst ist auf eine bewusste Trennung von Phänomen- und Deutungsebene sowie von Fachsprache und Alltagssprache noch expliziter zu achten, da nur so verbindende Elemente herausgestellt werden können.

3.3.4 Abschließende Reflektion der Fallstudie vor dem Hintergrund der dargelegten Theoriediskussion

Die konzipierte Unterrichtseinheit in Anlehnung an das didaktische Konzept von „Chemie im Kontext“ zeigt ebenfalls eine Abfolge kontextbasierter Problemsituationen mit variierender Transferdistanz auf und wird dadurch der Forderung zur Unterstützung von Transferleistungen über eine Vielzahl an Problemsituationen gerecht (s. Darlegungen in Kapitel 1.2.1 zur Abstraktion fachlicher Konzepte aus einer Varianz an Beispielen) - im Gegensatz allerdings zu der vorangegangenen Konzeption ohne zusammenhängende Geschichte. Zu beurteilen war das Vermögen zur selbstständigen Dekontextualisierung der zentralen Fachinhalte durch den Lernenden dieser Altersgruppe und dadurch die Entwicklung eines übergeordneten naturwissenschaftlichen Konzept-Netzwerks basierend auf dem eigenständigen Erkennen von Analogien. Ausgehend von den Erkenntnissen des zuvor evaluierten Ansatzes sollten jene Aspekte erfolgreiche Transferprozesse bedingen, wobei zu überprüfen war, inwieweit die Lernenden dieser Altersgruppe eine selbstständige Dekontextualisierung leisten

konnten und somit von selbst Analogieschlüsse zogen. Dies scheint eine umso zentralere Leistung, als dass ein zusammenhängender roter Kontextfaden den Lernenden fehlt und sie somit indirekt aufgefordert sind, konzeptionelle Verbindungen zwischen den Lernkontexten herzustellen.

Bezüglich motivationaler Aspekte des Unterrichts kann festgestellt werden, dass eine variierende Methodik ebenso wie die gewählten authentischen Kontexte zentrale Aussagen der „Selbstbestimmungstheorie der Motivation“ nach Deci und Ryan aufgreifen und somit die Lernumgebung als lernförderlich bewertet werden kann.

Der im Rahmen der Darstellung des Konzepts der Redoxreaktion auf Teilchenebene in Form eines Comics eingeforderte Transfer gelingt auf Teilchenebene, wobei die im Rahmen der vorherigen Fallstudie formulierte Vermutung zur Dominanz der Lebenswelt unterstrichen wird. So suggeriert die Ausdrucksform „Comic“ eine freie, personifizierende Darstellungsform, so dass in den Ausarbeitungen das Vorwissen der Lernenden zum Daltonschen Atommodell weitestgehend unberücksichtigt bleibt. Trotzdem kann festgehalten werden, dass die Lernenden das Redox-Konzept selbstständig aus dem Kontext zu dekontextualisieren vermochten. Es kann vermutet werden, dass die dazu notwendigen Analogieschlüsse zwischen den Kontexten durch das Fehlen einer übergeordneten Geschichte noch stärker eingefordert wurden, da ein zusammenhängender „roter Faden“ im Sinne des storytelling-Ansatzes nicht gegeben war, so dass Kohärenz allein über analoge Fachinhalte und damit eines Konzept-Netzwerks geleistet werden kann.

Die evaluierten Aufgabenstellungen zur Entwicklung eines Versuchsaufbaus zum Thermit-Verfahren bzw. der Aufgabenkontext zur „´Der unsichtbare Mörder´-die Untersuchung des Tatortes“ zeigten teilweise erfolgreichen Transfer („lateraler Transfer“ s. Ausführungen in Kapitel 1.2.1) doch werden auch die bereits zuvor formulierten Erkenntnisse unterstrichen, dass leistungsschwächere SchülerInnen einer Unterstützung bedürfen, um Analogien bzw. übergeordnete Konzepte fassen zu können. Strukturelle Ähnlichkeiten zwischen den Aufgabenkontexten sind für den „Laien“ nicht fassbar, so dass auch keine Aktivierung deklarativen bzw. prozeduralen Wissens im Sinne eines erfolgreichen Transferprozesses (lateraler bzw. vertikaler Transfer) möglich wird (s. Kapitel 1.2.1). In diesem Zusammenhang scheint die Betonung der Erklärungsebenen in der Fachwissenschaft Chemie zentral wie sie auch schon im Rahmen der Fallstudie „ProChem“ diskutiert wurde und sicherlich durch eine stete Reflektion des eigenen Lösungsweges geleistet werden könnte.

Die Fähigkeit zur selbstständigen Dekontextualisierung der fachlichen Konzepte durch Analogieschluss zeigt nur ein Lernender in der betrachteten Lerngruppe im Rahmen der Auswertung der „Spickzettel“, wohingegen bei den übrigen der zentrale Fachinhalt kontextgebunden rekapituliert wird. Dies widerspricht nicht nur den Ergebnissen im Zusammenhang mit dem eingeforderten „Comic“, sondern auch der daraus abgeleiteten Vermutung, dass ein fehlender „roter Kontext-Faden“ stärker die fachinhaltliche Ebene hinsichtlich eines Analogieschlusses betonen würde. Wahrscheinlich aufgrund fehlender Vorerfahrungen mit kontextbasierten Unterrichtsverfahren vermag der Lernende nicht die inhaltlichen Ebenen zu trennen bzw. sieht der „Laie“ den Kontext selbst als notwendig zum Verständnis des Konzepts an, was vor dem Hintergrund einer Problemlösekompetenz durchaus schlüssig ist. Auch die Auswertung der Lerntagebücher und Mind Maps zeigt eine analoge Problematik in der Schwierigkeit zur eigenständigen Reflektion. Diese übergeordnete Problematik scheint in der Unterrichtskultur selbst begründet und ist hier müßig zu diskutieren. Gefordert werden muss somit eine stete Unterstützung des Lernenden zur Reflektion und kritischen Beurteilung des eigenen Lösungswegs, insbesondere für leistungsschwächere SchülerInnen. Die abschließende Betrachtung des Nachtests unterstreicht ebenfalls bereits formulierte Schlussfolgerungen, dass eine fehlende Dekontextualisierung der Fachinhalte nicht erfolgreiche Transferleistungen ausschließt, so dass der Lernenden auch kontextgebundene Inhalte in eine neue Problemstellung zu transferieren vermochte. Vielmehr stellt sich erneut als zentral das Erkennen von Analogien zu bereits bekannten Problemsituationen dar – eine lehrerzentrierte Phase mit dem Ziel der Dekontextualisierung der Fachinhalte vom Lernkontext ist somit keineswegs erforderlich. Allerdings sei angemerkt, dass die vorliegende Fallstudie deutlich herausstellt, dass eine fehlende Dekontextualisierung eine kritische Reflektion von Lösungsansätzen in neuen Problemstellungen offensichtlich nicht forciert. Eine solche Reflektionskompetenz zu unterstützen sollte anhand von Basiskonzepten im Unterricht möglich sein, einer „Ordnung“, derer das individuelle Konzept-Netzwerk des Lernenden bedarf (s. Kapitel 1.2.1).

Abschließend kann somit festgestellt werden, dass Transferkompetenz durch eine Abfolge von Problemkontexten forciert werden kann, dass aber ebenjene hierfür notwendige Analogieerkenntnis unterstützt werden sollte. Offensichtlich können „Schlüsselwörter“ die Oberflächenähnlichkeit einer Problemsituation zur vorangegenagenen Situation verdeutlichen, die Analogieerkenntnis in der Tiefenstrukur, also auf Konzept-Ebene und somit hinsichtlich der Anwendung des individuellen Konzept-Netzwerks bedarf aber ebenfalls definierter „An-

ker“, die in den Basiskonzepten identifiziert werden können. Wird eine Phase der Dekontextualisierung im Sinne der Strukturierung eines individuellen Konzept-Netzwerks im Sinne der Basiskonzepte verstanden, so stellt sich diese als transferunterstützend dar und bedingt ggf. eine Vergrößerung der Transferdistanz.

4 Diskussion der Ergebnisse und Fazit

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden drei Ebenen zur Unterstützung von Transfer in kontextbasierten Lernumgebungen berücksichtigt. Der Lehr-Lernprozess, explizit die Forcierung der Transferleistungen des Lernenden, wurde sowohl theoretisch diskutiert, als auch in der Praxis durch die Sichtweise der Lehrkräfte in der ausführlich dargelegten Interviewstudie reflektiert, mit dem Ziel die gewonnenen Erkenntnisse in sich anschließenden Fallstudien umzusetzen, um wiederum in einen Dialog mit den beiden anderen Ebenen eintreten zu können.

Die Bedeutung von Transferleistungen für die Gesellschaft wurde in der vorliegenden Arbeit immer wieder betont (s. u. a. de Corte 1999), wobei angemerkt wurde, dass eine einheitliche Definition von „Transfer“ fehlt bzw. der Begriff selbst teilweise negiert wird (s. u. a. Hatano & Greeno 1999 sowie Prenzel 2010). Ursache für jene fehlende einheitliche Definition ist sicherlich in variierenden Modellvorstelllungen des zugrunde liegenden Lehr-Lernprozesses bzw. des Verständnisses vom Konzept-Netzwerk des Lernenden zu sehen, wobei sich die genannte Negation als eine Folge daraus verstehen lässt. Zu klären war, ob es sich beim „Transfer“ um eine „Übertragung“ des Gelernten in neue Problemstellungen handelt oder vielmehr um eine „Adaption“ des vorhandenen (individuellen) Konzept-Netzwerks im Rahmen eines neuen Kontextes. Während letzteres konsequent ein situatives Konzept-Netzwerk einfordern würde, basiert erstgenannter Begriff der „Übertragung“ auf einem starren Modell des fachlichen Inhalts. Um ein kohärentes Modell des Transferprozesses als Grundlage der Arbeit formulieren zu können, erwies sich somit die Vorstellung vom Konzept-Netzwerk des Lernenden als zentral. Die Arbeit fußt auf einem situierten Modell des individuellen Konzept-Netzwerks des Lernenden, welches insbesondere aus der Diskussion des lehr-lerntheoretischen Konstruktivismus abgeleitet wurde. „Transfer“ wurde somit als eine „Adaption“ des situativ erworbenen Konzept-Netzwerks im Rahmen neuer kontextbasierter Problemstellungen aufgefasst (Nolting & Paulus 2004) und fußt somit auf einer breiteren Definition wie sie Campione, Shapiro und Brown formulieren (de Corte 1999). Ein solches Transferverständnis führte zur Forderung einer „Transferkultur“ hinsichtlich einer wohldefinierten Abfolge von Problemstellungen und somit zur Betonung heuristischer Strategien im unterrichtlichen Prozess entsprechend des Ansatzes von Greeno, Smith und Moore (de Corte 1999).

Das erste Kapitel fokussierte sich zunächst auf die Legitimation kontextbasierter, didaktischer Ansätze hinsichtlich lehr-lerntheoretischer Betrachtungen sowie motivationaler Aspekte des unterrichtlichen Geschehens. Dabei ergab sich eine Diskussion bezüglich einer unterrichtspraktischen Umsetzung des Konstruktivismus und insbesondere des in der kontextbasierten Unterrichtspraxis vielfach auftretenden Begriffs der „Dekontextualisierung". Bereits hier trat die Frage nach der Legitimation einer solchen Unterrichtsphase vor dem Hintergrund der Annahmen einer Individualität des Konzept-Netzwerks des aktiv konstruierenden Lernenden in seinem eigenen Lernprozess und der Situiertheit von Lernprozessen auf. Letztlich mündeten die Ausführungen in einem begrifflichen Verständnis im Sinne der Ordnung individuell im Kontext erworbener Konzept-Strukturen des Lernenden durch Basiskonzepte, so dass ebenjener vermeintliche Widerspruch aufgehoben wurde. Es blieb aber an dieser Stelle weiterhin fraglich, inwiefern diese Strukturierung im Sinne der Basiskonzepte vom lernenden „Laien" selbstständig durch eine wohldefinierte Kontextabfolge und dem immanenten Erkennen von Analogien auf der Konzept-Ebene geleistet werden könnte („Analogiebegründeter Transfer" s. u. a. Mayer und Wittrock (Seel 2000)) und welche Methodik eine zugrunde liegende Reflektion des eigenen Erkenntnisprozesses forcieren würde. Da diese Aspekte entsprechend der von Piaget und nachfolgenden Kognitionspsychologen ausgearbeiteten Entwicklungsstufen jahrgangspezifisch zu untersuchen sein sollten, wurden die Fallstudien in unterschiedlichen Jahrgangsstufen durchgeführt und methodisch angepasst.

Als zentrale Zielsetzung der Bestrebungen in der vorliegenden Arbeit sollten sich Empfehlungen für die Gestaltung kontextbasierter Unterrichtseinheiten zur Förderung von Transferleistungen ergeben, um die bereits von Simons geforderte „Transferkultur" (Simons 1999) in den unterrichtlichen Prozess zu integrieren, so dass Lernende befähigt werden, im Sinne „lebenslangen Lernens" kompetent in einer immer komplexer werdenden Welt zu handeln. Hierzu wurde in der Theoriedarstellung eine „Nähe" aus Lern- und lebensweltlicher Anwendungssituation diskutiert (s. Differenzierung nach Salomon und Perkins, Noting & Paulus 2004), die aber als keinesfalls ausreichend vor dem Hintergrund eines lebenslangen Lern- und Problemlöseprozesses angesehen wurde, vielmehr aber die Forderung bezüglich authentischer Fragestellungen unterstrich, die insbesondere bereits durch die Motivationstheorie Deci und Ryans (u. a. Deci & Ryan 1993) angesprochen und in kontextbasierten Unterrichtsformen umgesetzt wurde.

Auf der Grundlage diskutierter Aspekte des ersten Kapitels wurde als eine Basis erfolgreicher Transferprozesse der Aufbau eines zusammenhängenden, kohärenten Konzept-Netzwerks der Fachdisziplinen herausgearbeitet. Weiterhin notwendig ist neben motivationalen Faktoren (Volet 1999) ein flexibles Repertoire an Problemlösestrategien (s. hierzu auch die drei Bedingungsfaktoren erfolgreichen Transfers nach Alexander und Murphy (Alexander & Murphy 1999)). Insbesondere durch letztgenannten Aspekt wurde geschlussfolgert, dass jene Grundlagen durch eine gezielte Abfolge von kontextbasierten, authentischen Problemstellungen im Unterrichtsprozess zu erzielen sind. Diese Problemlösestrategien sollten es sein, die zudem eine Adaption des vorhandenen Konzept-Netzwerks im Rahmen eines erfolgreichen Transferprozesses unterstützen.

In diesem Zusammenhang sollte der Begriff der „Fachkompetenz“ angesprochen werden, der keineswegs lediglich auf die fachlichen Konzepte beschränkt gesehen werden darf, sondern in der Intention der „Anwendung“ auch (fachimmanente) Problemlösestrategien, bzw. Wege der Erkenntnisgewinnung meint. Diesen Begriff in dieser Weise in der Praxis zu implementieren und auszuschärfen sollte auf Grundlage der Ergebnisse dieser Arbeit ebenso angestrebt werden, wie ein dargelegtes kohärentes Bild vom Lehr-Lern- bzw. Transferprozess auf der Grundlage eines tragfähigen Modells vom Konzept-Netzwerk des Lernenden. Jene angesprochenen und bereits zuvor skizzierten Modelle wurden in der vorliegenden Arbeit der Theorie entlehnt, um sich in der Praxis der Fallstudien zu bewähren, woraus ein verändertes Bild auf die Rolle des Lernenden, auf erfolgreiche Lernprozesse sowie das Bild vom Lernen selbst resultierte.

In diesem Zusammenhang findet sich auch die geforderte „Transferkultur“ wieder (Nolting & Paulus 2004), die durch die angesprochene definierte Abfolge kontextbasierter Problemstellungen (s. u. a. Konrad 2005), welche in ihrer Transferdistanz variierend zu konzipieren sind, geprägt ist. Eine Differenzierung bezüglich „nahen“ und „fernen“ Transfers wurde dabei als kritisch vor dem Hintergrund des Vorwissens des Lernenden angesehen (Simons 1999), dennoch aber verwandt, um eine Differenzierung in Oberflächen- und Tiefenstruktur der Kontexte vorzunehmen (Seel 2000 sowie Stark et. al. 1999).

Entsprechend den Aussagen aktueller Transferforschung ist eine solche Differenzierung zentral, vermag der lernende „Laie“ doch nur dann erfolgreich Transfer zu leisten, wenn er Analogien zwischen den Problemstellungen erkennt – sei es im Kontext (Oberflächenstruktur) oder im zugrunde liegenden Konzept (Tiefenstruktur). Variiert werden sollte lediglich die Oberflächenstruktur, um verschiedenste Problemlösestrategien zu entwickeln und eine

Flexibilisierung des (individuellen) Konzept-Netzwerks und eine Strukturierung zu erreichen, wie sie in einer Phase der „Dekontextualisierung“ angestrebt wurde. Als zentraler Ansatz für nachfolgende Fallstudien ergibt sich somit die Forderung, die Intention einer Phase der „Dekontextualisierung“ durch eine definierte Abfolge kontextbasierter Problemstellungen zu ersetzen, welche „Analogiebegründeten Transfer“ einfordern. Diesem Vorgehen lag die zentrale Hypothese zugrunde, dass eine Strukturierung des Konzept-Netzwerks durch den Lernenden durch eine solche Konzeption selbstständig geleistet werden kann – also in einem individuellen Prozess des „Dekontextualisierens“, welcher in einem transferierbaren, flexiblen Konzept-Netzwerk des Lernenden mündet (Nolting & Paulus 2004).

Hierzu ist die Reflektion des eigenen Lern- und Erkenntnisprozesses von zentraler Bedeutung und zugleich kritischer Punkt des unterrichtlichen Geschehens (Simons 1999 und Labudde & Möller 2012), welcher durch eine geeignete Methodik zu unterstützen sein sollte und sicherlich in seiner konkreten unterrichtlichen Ausgestaltung vom Entwicklungsstand des lernenden „Laien“ abhängig ist.

Die Erkenntnis von Analogien zwischen Problemkontexten kann durch sogenannte „Anker“ unterstützt werden (Seel 2000). Ebensolche „Anker“ finden sich zum einen auf der Ebene des fachlichen Konzepts in Form der Basiskonzepte. Diese Strukturierungselemente im Konzept-Netzwerk des Lernenden fungieren als „Anker“ insofern, als dass sie Analogieerkenntnis auf der Konzept-Ebene unterstützen und somit die Aktivierung des entsprechenden Konzept-Netzwerks im Sinne einer Adaption an die neue Problemstellung initiieren. In diesem Zusammenhang wurden aber auch die Abstraktionsebenen des fachlichen Inhalts sowie die Repräsentationsebenen des Inhalts entsprechend Mayer (Mayer 1999) selbst als „Anker“ verstanden, die gezielt im unterrichtlichen Prozess (Fallstudien) auszuarbeiten sind. Neben diesen „Ankern“ im Bereich der Tiefenstruktur können diese auch in der Oberflächenstruktur der Kontexte identifiziert werden und den Transferprozess forcieren. In diesem Zusammenhang findet sich die Methodik des „storytellings“. Im Rahmen dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass erzählerische Impulse in der Problemstellung auf vorangegangene Problemlöseprozesse zu verweisen vermögen und somit das zu adaptierende Konzept-Netzwerk aktivieren können.

Um diese der Theorie entlehnten Forderungen kritisch zu reflektieren, wurden die drei didaktischen Konzeptionen PLON, „Mathematik im Kontext“ (MIC) und „Chemie im Kontext“ (CHiK) bezüglich des zugrunde liegenden Verständnisses von Transfer und dessen Förderung im Rahmen einer Unterrichtseinheit untersucht. Sowohl MIC als auch CHiK sollten in Kapitel 3 die konzeptionelle Grundlage zur Entwicklung neuer Unterrichtseinheiten

darstellen, so dass eine eingehende Untersuchung unter dem genannten Fokus auch aus diesen Gründen unbedingt notwendig war.

Die Analyse der didaktischen Ansätze zeigte jeweils ein unterschiedliches Verständnis von der Rolle und Bedeutung des Kontextes in einem kontextbasierten Unterrichtsansatz. PLON (Kapitel 1.2.2.2) nutzte authentische, lebensweltlich relevante Fragestellungen als Kontext, um die Motivation des Lernenden zu unterstreichen, der fachliche Inhalt selbst wurde allerdings losgelöst vom Kontext erarbeitet. An dieser Stelle wurde auch das Verständnis von Transfer deutlich, welches lediglich in einer Anwendung des Erlernten im Rahmen lebensweltlicher Problemstellungen gesehen wurde. Dass ein solches Modell vom Transferprozess offensichtlich zu kurz gefasst ist, machen die als negativ eingeschätzten Transferergebnisse deutlich und unterstreichen die Notwendigkeit eines tragfähigen Modells des Lehr-Lernprozesses, um erfolgreich unterrichtliche Prozesse zu strukturieren.

Die didaktische Konzeption von PLON erfuhr im Rahmen der sogenannten „systematic units“ eine Erweiterung, die neben dem fachlichen Inhalt nun eine zusätzliche Betonung heuristischer Strategien vorsahen und eine Erweiterung des Transferverständnisses bedeuten, wobei das der Arbeit zugrunde liegende Modell vom Transfer unterstrichen wird. Von einer „Transferkultur“ konnte im didaktischen Ansatz von PLON jedoch keineswegs die Rede sein, da entsprechend der Theorie der „identischen Elemente“ lediglich eine Nähe aus Lern- und Anwendungssituation angestrebt wurde, ohne vielfältige Möglichkeiten des Transfers dem Lernenden zu offerieren.

Eine solche „Transferkultur“ kann aber als dem Ansatz von „Mathematik im Kontext“ (MIC) immanent angesehen werden, in dem sich wiederum ein neues Kontextverständnis darstellt. Der Ansatz unterstreicht das zuvor aus der Theorie entwickelte Modell und betont die Bedeutung eines individuellen, erweiterungsfähigen und möglichst flexiblen Konzept-Netzwerks des Lernenden im Hinblick auf erfolgreiche Transferprozesse, welches in einer definierten Kontextabfolge vom Lernenden selbst konstruiert und strukturiert wird. Die Beziehung zwischen Kontext und Konzept stellt sich hierbei als ebenso zentral heraus, wie das Verständnis vom Kontext und dessen Rolle, was wiederum Einfluss auf das Verständnis von „Transfer“ hat. Hinzu kommt, dass der Ansatz von MIC ganz bewusst die Abstraktionsebenen des fachlichen Konzepts ausschärft, was schon zuvor als transferunterstützendes Element abgeleitet wurde (s. Kapitel 1.2.2.1).

Der didaktische Ansatz von CHiK (s. Kapitel 1.2.2.3) griff die Bedeutung des Kontextes entsprechend einer MIC-Einheit sowie eines als situiert anzusehenden Konzept-Netzwerks des Lernenden auf und wies am Ende der Einheit eine Phase aus, in der Transfer in neue

kontextbasierte Problemstellungen zu leisten ist. Hierbei wurden die Begriffe „Dekontextualisierung“ und „Rekontextualisierung“ angeführt, die in einem scheinbaren Widerspruch zum lehr-lerntheoretischen Konstruktivismus stehen. Diesem vermeintlichen Widerspruch konnte aber durch die Rolle von Basiskonzepten als Strukturierungselemente des individuellen Konzept-Netzwerks des Lernenden begegnet werden, welche zugleich als „Anker“ im Rahmen „Analogiebegründeten Transfers“ und somit transferunterstützende Elemente identifiziert wurden.

Im anschließenden Kapitel 2 findet sich die zweite jener drei zuvor angesprochenen Ebenen der vorliegenden Arbeit im Sinne einer Interviewstudie und somit eines Blicks in die unterrichtliche Praxis des didaktischen Ansatzes von „Chemie im Kontext“. Neben dem Vergleich zwischen konzeptioneller Intention und praktischer Umsetzung ist die Bedeutung dieser Untersuchung vor allem in einem vertieften Verständnis vom Lehr-Lernprozess, besonders von Transfer- bzw. Problemlöseprozessen des Lernenden im Rahmen einer Einheit aus der Sicht der Lehrkräfte zu sehen. Hieraus, als auch ausgehend vom theoretischen Fundament der dargelegten ersten Untersuchungsebene, sollten zusammenfassende Forderungen zur Konzeption exemplarischer Einheiten in den sich anschließenden Fallstudien und somit dritten Ebene der Arbeit formuliert werden.

In den Interviews zeigte sich deutlich eine abweichende Benennung der vierten Phase als „Phase der Dekontextualisierung“ anstatt eines in der Konzeption selbst als „Vertiefungs- und Vernetzungsphase“ bezeichneten Unterrichtsschritts, wodurch die Dominanz des Fachinhalts unterstrichen und die Bedeutung einer „Rekontextualisierung“ und somit des Transfers des Erlernten in neue Problemstellungen zurückgedrängt wird. Dies zeigt sich auch klar im zeitlichen Anteil dieser letzten Phase und der unterrichtlichen Dominanz der dritten Phase, also der Erarbeitung des fachlichen Konzepts. Die Fokussierung auf den Fachinhalt bezüglich des Transferprozesses betonten die interviewten Lehrkräfte auch in der Begründung der Transferproblematik im Sinne einer Situierung des Fachinhalts. Konsequent folgerten sie hieraus die Notwendigkeit einer „Phase der Dekontextualisierung“, um der Kontextgebundenheit des fachlichen Konzepts zu begegnen und zudem eine Strukturierung durch Basiskonzepte vorzunehmen und folgten somit in ihrer Argumentation den Aussagen Volets (Volet 1999). Die interviewten Lehrkräfte deuteten die Basiskonzepte und damit den fachlichen Inhalt als zu transferierende Elemente, wobei Problemlösestrategien vom Lehrenden im Rahmen eines Transferprozesses weitestgehend unberücksichtigt blieben bzw. die Reflektion des eigenen Erkenntnisprozesses gar nicht angesprochen wurde. Dies stellt einen deutlichen Gegensatz zum theoretischen Verständnis des Transferprozesses dar, wie er u. a.

von Simons (Simons 1999), als auch Pennington et. al. (Seel 2000) formuliert wurde und spricht für ein statisches Verständnis vom Konzept-Netzwerk des Lernenden, gegen das sich deutlich u. a. Hatano und Greeno (Hatano & Greeno 1999) aussprechen.

Im Sinne Ausubel und Robinsons begriffen die Lehrkräfte die Basiskonzepte als notwendige „Ordnungshilfen“ im Konzept-Netzwerk der Lernenden und zugleich als „Anker“ in angestrebten Transferprozessen. Eine differenzierte Betrachtung zum Transferbegriff selbst blieb weitestgehend aus, wobei auf der Grundlage des Interviewschemas nicht behauptet werden kann, dass dies auf eine fehlende Modellvorstellung zum Transferprozess selbst hinweist. Hierzu müsste die vorliegende Interviewstudie Überarbeitung erfahren. Allerdings findet sich die Bedeutung der Analogieerkenntnis als dem Transferprozess immanentes und zentrales Element in den Aussagen der Lehrkräfte, die somit bereits auf die Theorie „Analogiebegründeten Transfers“ hinweisen. Somit gibt die Interviewstudie zunächst - aufgrund ihres Umfangs und der Anlage der Fragestellungen - nur Hinweise auf ein Defizit bezüglich eines tragfähigen Modells vom Transferprozess und ein offenbar fehlendes kohärentes Bild vom Konzept-Netzwerk des Lernenden bei den Lehrenden. Dies führt auch zu den festgestellten fehlenden Vorstellungen der Lehrkräfte bezüglich der Herausforderungen, die an den lernenden „Laien“ im Transferprozess auf Konzept-Ebene gestellt werden und eine mangelnde Berücksichtigung prozessbezogener Kompetenzen in der Anlage des Unterrichts.

Im Interview mit den Lehrkräften wurde insbesondere auf die letzte Phase ausführlich abgehoben, die mit den Begriffen „Dekontextualisierung“ und „Rekontextualisierung“ beschrieben wurde. Letztere Facette jener Phase nahm allerdings in der Anlage der Einheit stets eine untergeordnete Rolle ein und wurde von allen Interviewten als eine Übung und erneute Anwendung des Erlernten dargelegt. Der geringe zeitliche Umfang ebenjener Phase vor dem Hintergrund der gesamten Unterrichtseinheit, deren inhaltliche Ausgestaltung und die zugleich negative Beurteilung der Transfer-/Problemlösekompetenz der Lernenden durch die Lehrkraft, entsprechen einer Schlussfolgerung von Alexander und Murphy (Alexander & Murphy 1999), welche gerade diese unterrichtlichen Faktoren als Ursache mangelnder Transferleistungen sehen.

Angemerkt sei zudem, dass sich Kriterien für Übungskontexte nicht finden lassen. Vielmehr zeigen die Darstellungen exemplarischer Aufgaben weitestgehend eine analoge Konzeptstruktur, die sich vielfach aufgrund fehlender unterrichtlicher Zeit nicht in kontextbasierten Fragestellungen und somit echten Problemlöseprozessen findet. Die Erkenntnisse der Interviewstudie insbesondere bezüglich ebendieser Phase unterstreichen die zuvor attestierten Defizite hinsichtlich eines tragfähigen, differenzierten Modells vom Transferprozess und

berücksichtigen nur unvollständig die u. a. von Alexander und Murphy ausgeführten Bedingungsfaktoren erfolgreicher Transferleistungen (Alexander & Murphy 1999). Eine kognitivistisch dominierte Sicht auf Transferprozesse, wie sie sich in der Interviewstudie zeigt, greift deutlich zu kurz und entbehrt eines notwendigen Verständnisses des Transferprozesses auf der Ebene des individuellen Konzept-Netzwerk des Lernenden (Hatano & Greeno 1999). Hatano und Greeno formulieren analoge Ergebnisse zur vorliegenden Interviewstudie, indem sie feststellen, dass mangelnde Transferergebnisse ungenügend auf den unvollständigen Erwerb des Fachinhalts reduziert werden und als Reaktion eine Phase der Dekontextualisierung eingefordert wird (Hatano & Greeno 1999).

Die obigen Aussagen gilt es nachfolgend durch eine erneute Interviewstudie größeren Umfangs und Variabilität z. B. bezüglich des Kriteriums „Schulform“ zu bestätigen. Hierfür ist aber auch der Ansatz der Studie selbst zu verändern. Anzudenken wäre eine stärkere Betrachtung des Lern- und Anwendungskontextes, um die zugrunde liegenden Vorstellungen des Lehrenden vom Lehr-Lern- als auch Transferprozess durch Konzeption dieser identifizieren zu können.

Zur Förderung der Transferkompetenz der Lernenden wurde im Rahmen der Interviewstudie eine definierte Abfolge von Kontexten – auch im Sinne einer Verzahnung vorliegender CHiK-Einheiten – von den Lehrkräften bereits angesprochen, wobei dabei keineswegs die Dekontextualisierung verdrängt wird, wie es Adams, Solomon und Perkins formulieren, die dem Lernenden die Fähigkeit zur Abstraktion im Sinne einer Dekontextualisierung über multiple Kontexte zusprechen (Ryschka, Solga & Mattenklott 2011).

Um die von den Lehrkräften angedeutete definierte Kontextabfolge in der Praxis umzusetzen, sollten die von den Lehrkräften in der Interviewstudie identifizierten Ebenen von Kontext und Konzept in Folge dieser Arbeit weiter ausdifferenziert werden. Vor dem Hintergrund der theoretischen Ausführungen scheint es hierfür notwendig, die Abstraktionsebenen des Fachinhalts auszuarbeiten, wie es im MIC-Ansatz aufgezeigt wurde. Diese sollten dann von den Lehrkräften als „Anker“ und somit transferunterstützendes Element verstanden werden. Hierzu bedarf es eines fundierten Verständnisses von Oberflächen- und Tiefenstruktur der Kontexte und hiermit eng verknüpft einer Einschätzung vorliegender Transferdistanz, wobei ein solch differenziertes Transferverständnis im Rahmen der Interviewstudie bei den Lehrkräften nicht festgestellt werden konnte.

Die Betrachtungen zu Unterrichtseinheiten konzipiert entsprechend des didaktischen Ansatzes von MIC bilden zugleich den Einstieg in den dritten Teil der Arbeit und damit der unterrichtspraktischen Erprobung im Sinne von Fallstudien. Die Betrachtungen sollten dabei

lediglich eine unterrichtspraktische Umsetzung des didaktischen Konzepts von MIC, ergänzt um den storytelling-Ansatz, reflektieren und methodische Hinweise für die Ausgestaltung der Fallstudien ermöglichen. Eine detaillierte Untersuchung bezüglich des transferfördernden Potentials des Ansatzes von MIC war aufgrund der dazu bereits vorliegenden zahlreichen positiven Ergebnisse anderer Untersuchungen nicht intendiert und ist auch durch die Anlage der Betrachtungen nur sehr eingeschränkt möglich.

Aufgrund jener ersten unterrichtlichen Erfahrungen mit dem MIC-Ansatz, als auch mit der Methodik des „storytellings“, wurden diese Elemente auch in der Konzeption der Fallstudie ProChem – einer Unterrichtseinheit für die Grundschule - umgesetzt. So findet sich in ProChem der storytelling-Ansatz als Rahmen einer definierten Kontextabfolge wieder. Zu untersuchen war im Rahmen dieser Fallstudie, ob „narrative Anker“ den angestrebten „Analogiebegründeten Transfer“ forcierten und ob auf eine explizierte „Phase der Dekontextualisierung“ verzichtet werden kann.

Die Evaluation der exemplarischen Einheit erfolgte durch einen Vor- und Nachtest, wobei auch hier der Umfang der Untersuchungsgruppe als gering und zudem in seiner Heterogenität als wenig variabel eingeschätzt werden muss, da die Untersuchung an nur einer Grundschule und somit ähnlichem gesellschaftlichen Umfeld durchgeführt wurde und zudem auf das Fehlen einer Vergleichsgruppe hingewiesen sei.

Im Vortest zeigte sich, dass die Lernenden zur Lösung neuer Problemstellungen Analogien suchen, die sie aufgrund beschränkter Vorerfahrungen im Bereich naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung teilweise auch der (menschlichen) Lebenswelt entlehnen, so dass personifizierende Darstellungen als Deutungen resultieren, die zudem vielfach auf der stofflichen und somit der konkreten Anschauung direkt zugänglichen Ebene verharren. Letzteres ist entsprechend den nach Piaget definierten Entwicklungsstufen des Kindes zu erwarten sowie insbesondere einer fehlenden Argumentation auf ebenjener Modellebene im vorangegangenen Sachunterricht geschuldet. Die geschilderten Beobachtungen entsprechen Studienergebnissen von Hatano und Greeno (Hatano & Greeno 1999) und unterstreichen den theoretischen Ansatz „Analogiebegründeten Transfers“.

Im Hinblick auf den storytelling-Ansatz kann eine positive Bewertung dahingehend formuliert werden, als dass eine Einbettung in einen erzählenden Kontext den fachlichen Inhalt nicht verdeckt und eine erhöhte Motivation zur Problemlösung fördert. So haben die Toleranz und Bereitschaft zur Auseinandersetzung mit neuen Problemstellungen deutlich zugenommen, wie ein Vergleich von Vor- und Nachtest Ausarbeitungen der Lernenden zeigt.

Bezüglich der Auswertung des Nachtests im Vergleich mit dem Vortest der Lernenden zeigt sich kein einheitliches Bild hinsichtlich des transferfördernden Potentials des Ansatzes. Abhängig von der Fragestellung zeigten sich teilweise entscheidende Lernzuwächse und die kompetente Anwendung des Erlernten in neuen Problemstellungen. Diese angesprochene Abhängigkeit ist sicherlich eine zentrale Erkenntnis, als dass die Bedeutung „assoziativer Anker“ unterstrichen wird. Suggeriert die Oberflächenstruktur einer kontextbasierten Problemstellung eine Alltagserfahrung, so wird ebendieses „Alltagskonzept“ aktiviert. Sicherlich sei hierzu aber auch die Kürze der Einheit und daraus resultierend die Dominanz des lebensweltlich geprägten und zumeist deutlich anschaulicheren Konzepts angemerkt.

Kritisch vor dem Hintergrund insbesondere der Theoriediskussion bezüglich transferfördernder Elemente ist zu beachten, dass ProChem keinerlei bewusste Reflektion des eigenen Lern- und Erkenntnisprozesses unterstützt, da dies sicherlich ein zu hoher Anspruch für Lernende dieser Altersgruppe wäre, an die sie auch noch nicht durch eine geeignete Methodik herangeführt wurden. Narrative „Anker“ finden sich zwar in der Unterrichtseinheit, nicht jedoch bezüglich der Problemstellungen im Vor-/Nachtest, so dass der Lernende Analogieerkenntnis auf der Ebene der Tiefenstruktur einer Problemstellung, also auf Konzept-Ebene leisten muss („lateraler Transfer“), ohne dafür „Strukturierungshilfen“ in Form der Basiskonzepte zu haben, was insbesondere in der betrachteten Altersgruppe und entsprechenden Abstraktionsvermögens ein hohes Anspruchsniveau definiert. Umso überzeugender stellen sich somit die zuvor skizzierten positiven Ergebnisse hinsichtlich des Kompetenzzuwachses im Bereich des Transfers dar. Da sich diese aber nicht eindeutig darstellen, kann die Fragestellung nach der Notwendigkeit einer Phase der Dekontextualisierung nicht abschließend anhand der Fallstudie entschieden werden. Um dies beurteilen zu können, ist neben einem größeren Stichprobenumfang eine Vergleichsgruppe notwendig, in deren Unterrichtsansatz von ProChem eine ebensolche Phase eingearbeitet wird. Zudem wäre eine Umarbeitung von ProChem insofern anzudenken, als dass „Anker“ auch auf der fachlichen Ebene sowie in der Oberflächenstruktur nachfolgender Problemstellungen ausgearbeitet werden und so die Aktivierung des entsprechenden Konzept-Netzwerks unterstützen. Allgemein kann geschlussfolgert werden, dass in der betrachteten Entwicklungsstufe der Lernenden eine stärkere Unterstützung durch die Lehrkraft angebracht scheint, wie sie Stark et.al. (Stark et.al. 1999) fordern.

In der zweiten Fallstudie wurde der didaktische Ansatz von CHiK als Grundlage einer Adaption des MIC-Ansatzes verwandt. Eine definierte Abfolge von Kontexten sollte zur Prüfung der Hypothese dienen, inwiefern eine solche Struktur ausreichend sei, um Lernende in die

Lage zu versetzen im Analogieschluss das individuelle Konzept-Netzwerk im Sinne einer Strukturierung zu abstrahieren und dadurch erfolgreich Transfer zu leisten.

Kritisch anzumerken sei der Umfang der Erprobung, der sicherlich die Aussagekraft vorliegender Studie stark limitiert, da nur eine Lerngruppe betrachtet wurde und eine Vergleichsgruppe fehlt, so dass der vermeintlich beeinflussende Faktor der Lehrerpersönlichkeit sowie der Varianz der Lerngruppen hinsichtlich unterrichtlicher Voraussetzungen bezüglich des fachlichen Inhalts als auch methodischer Kenntnisse nicht beurteilt werden kann. Ebenso kritisch zu erwähnen ist die fehlende Erfahrung der Lernenden im Umgang mit den eingesetzten, vielfältigsten Methoden der Reflektion des eigenen Lern- und Erkenntnisprozesses bzw. von Problemlösestrategien.

Konzeptionell wurden zuvor diskutierte Defizite im unterrichtlichen Ansatz von ProChem in der Anlage dieser Konzeption berücksichtigt, so dass sich neben ausdifferenzierten Abstraktionsstufen vor allem eine bewusste Ausarbeitung der Kontexte im Hinblick auf deren Oberflächen- als auch Tiefenstruktur findet. Erstere wurde im Sinne von „Schlüsselwörtern“ (Alexander & Murphy 1999) als „Anker“ zur Unterstützung „Analogiebegründeten Transfers“ gestaltet, die Tiefenstruktur hingegen im fachlichen Anspruch analog allerdings mit variierenden Abstraktionsniveaus als transferunterstützende Elemente.

In der Evaluation der vorliegenden Einheit wurde erneut das Analogiebestreben der Lernenden erkennbar, so dass das zuvor formulierte Modell des Transferprozesses erneut unterstrichen wurde und sich als tragfähig darstellte. Es ergab sich aber wiederum kein einheitliches Bild bezüglich der Transferkompetenz der SchülerInnen am Ende der Einheit. So konnte im Rahmen der Einheit für die Sekundarstufe I festgestellt werden, dass ohne die explizite Benennung der Basiskonzepte als Strukturierungs- bzw. Ordnungshilfe für die Lernenden die selbstständige Dekontextualisierung im Sinne einer Flexibilisierung des Konzept-Netzwerks nur ansatzweise gelingt. Zwar trägt der „Analogiebegründete Transfer“ innerhalb der Unterrichtsreihe, doch blieben die Leistungen der Lerngruppe im vorliegenden Nachtest z. T. hinter den Erwartungen zurück.

Bereits die vorliegenden Mind Maps zeigten, dass die Redoxreaktionen an den jeweiligen Kontext gebunden blieben und eine Abstraktion im Sinne allgemeiner Prinzipien und Strukturen weitestgehend ausblieben. Trotz Situierung des fachlichen Inhalts zeigten sich teilweise erfolgreiche Problemlösungen und damit Transferprozesse im Nachtest. Das Erkennen von Analogien durch den Lernenden kann im Rahmen der Aussagekraft vorliegender Fallstudie durchaus als tragend bezeichnet werden.

Somit ergibt sich eine weiterführende Fragestellung, die nach der Notwendigkeit einer Strukturierung des individuellen Konzept-Netzwerks fragt bzw. inwieweit sich die Analogieerkenntnis des Lernenden als ausreichend für erfolgreiche Transferprozesse erweist. Dies zeigt eine Perspektive für nachfolgende Untersuchungen auf, die in einem Kriterienkatalog zur Konzeption von Problemkontexten münden sollte, der ebenjene Analogieerkenntnis sowohl auf der Oberflächen- als auch Tiefenstruktur unterstützt.

Ebenso wie schon bezüglich des Ansatzes von ProChem erwähnt, bleibt anhand von Vergleichsgruppen die Rolle einer spezifischen „Phase der Dekontextualisierung“ entsprechend obigen Verständnisses zu evaluieren. Die explizit herausgearbeiteten (Basis-)Konzepte in einer solchen Phase könnten insbesondere für leistungsschwächere SchülerInnen Strukturierung im individuellen Konzept-Netzwerk bedeuten und zudem als „Anker“ auf der Ebene der Tiefenstruktur einer Problemstellung fungieren.

Demgegenüber sollten aber auch Methoden der Selbstreflektion, wie sie z. T. in den Fallstudien eingesetzt wurden, weiterentwickelt und unterrichtlich erprobt werden, um genau diese zuvor genannte Zielsetzung einer Dekontextualisierung in der Verantwortung und Selbstständigkeit des autonomen Lernenden zu überlassen. Inwiefern dies, der Theorie entlehnte Aspekt, die Transferkompetenz des Lernenden positiv beeinflussen wird, ist ebenso in weiterführenden Studien zu untersuchen und kann im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht abschließend beurteilt werden.

Abschließend kann festgehalten werden, dass das der Arbeit zugrunde liegende Bild vom Transferprozess auf der Basis der Vorstellungen vom individuellen Konzept-Netzwerk des Lernenden sich als ein tragfähiges Modell zur Konzeption der Fallstudien als auch zur Diskussion und Evaluation der unterrichtlichen Erprobung erwies. Inwiefern bei ebenjenem „Analogiebegründeten Transfer“ eine „Phase der Dekontextualisierung“ unterstützt werden sollte, konnte u. a. aufgrund des begrenzten Umfangs der Fallstudien, als auch hinsichtlich der keineswegs einheitlichen Ergebnisse nicht abschließend geklärt werden.

Ein tragfähiges Modell vom Transferprozess sollte Implementierung in die unterrichtliche Praxis und somit in das Verständnis vom Lehr-Lernprozess des unterrichtenden Lehrenden finden. Diese Grundlage ist unbedingt notwendig, wenn es sich um die Konzeption transferunterstützender Einheiten sowie deren Reflektion handelt. Dazu ist eine Differenzierung zwischen Oberflächen- und Tiefenstruktur, als auch eine Identifikation von Abstraktionsebenen des Fachinhalts und eine Unterscheidung von Basiskonzept und Konzept unbedingt notwendig. Auf einer solch komplexen Grundlage können dann auch Kriterien zur Gestal-

tung einer Abfolge von Kontexten im Rahmen einer CHiK-Einheit, welche von den Lehrkräften vielfach gefordert und in den Fallstudien exemplarisch dargelegt wurde, entwickelt werden.

Um den Transferprozess noch eingehender zu analysieren und somit Konsequenzen für die unterrichtliche Praxis ableiten zu können, wären z. B. bezüglich der Kontextabfolge im Rahmen der letzten Fallstudie laute Darstellungen des Denk- und Problemlöseprozesses durch den Lernenden anzustreben. Dadurch sollten Schritte erfolgreichen Transfers noch deutlicher identifiziert werden können bzw. das Modell „Analogiebegründeten Transfers“ wiederum belegt werden.

Abschließend kann festgehalten werden, dass eine geforderte „Transferkultur“ eine veränderte Unterrichtskultur bedingt, so z. B. im Hinblick auf eine veränderte Sicht auf Lehren und Lernen, der Rolle der Lehrperson als auch im Hinblick auf die Selbstständigkeit und Autonomie des Lernenden. Um solch einen Unterricht zu konzipieren, ist neben einem geforderten tragfähigen Modell des Lehr-Lernprozesses vor allem der Begriff des Transfers selbst auszudifferenzieren, so dass der immanente Anspruch deutlich wird. Erst auf dieser Grundlage könnte die Funktion des Kontextes definiert werden, sowie die Begriffe Konzept und Basiskonzept die notwendige Ausschärfung voneinander erfahren, die im Sinne einer konstruktivistischen Sicht auf Lehren und Lernen absolut notwendig ist. Nur so kann der Lehrende sich selbst kritisch reflektieren, inwieweit er das individuelle Konzept-Netzwerk des Lernenden negiert bzw. welche „Ordnungshilfe“ er vermitteln sollte, um ein flexibles, individuelles, durch Basiskonzepte strukturiertes Konzept-Netzwerk des Lernenden und damit erfolgreiche Transfer- und Problemlöseprozesse zu fördern.

Literaturverzeichnis

Abels, M. & de Jong, J. A. (2003). Mathematics in context. Teacher Guide. Chicago, Ill.: Encyclopaedia Britannica.

Abels, M., Wiyers, M. & Pligge, M. (2006). Mathematics in context. Chicago, Ill.: Encyclopaedia Britannica, Inc.; Holt, Rinehart & Winston.

Achtergarde, S., Petermann, F. & Petermann, U. (2006). Lernpsychologie (UTB basics Psychologie, Bd. 2817, 1. Auflage). Paderborn: Schöningh.

Ahlborn, H.-U. (1975). Kommunikation und Lernprozesse. Zur Praxis pädagogischer Beeinflussung. Stuttgart: Kohlhammer.

Alexander, P. A. & Murphy, P.K. (1999). Nurturing the seeds of transfer: a domain-specific perspective. International Journal of Educational Research, 31 (7), 561-576.

Ausubel, D. P., Novak, J. D. & Hanesian, H. (1981). Psychologie des Unterrichts. Band 2 (überarb. Aufl.). Weinheim: Beltz Verlag.

Barke, H.-D. (2006). Chemiedidaktik. Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen (Springer-Lehrbuch). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Baumert, J., Bos, W., Brockmann, J., Gruehn, S., Klieme, E., Koller, O. et al. (2000). TIMSS/III-Deutschland. Der Abschlussbericht. Zusammenfassung ausgewählter Ergebnisse der Dritten Internationalen Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie zur mathematischen und naturwissenschaftlichen Bildung am Ende der Schullaufbahn. Zugriff am 30.12.2010. Verfügbar unter http://www.timss.mpg.de/TIMSS_im_Ueberblick/TIMSSIII-Broschuere.pdf

Bulte, A. M. W., Pilot, A. & Gilbert, J. K. (2008). An analysis of concept-development, transfer and the notion of context in the course Chemie im Kontext (ChiK). (unveröffentlicher Artikel).

Bünder, W., Demuth, R., Freienberg, J., Klüter, R., Parchmann, I. & Ralle, B. (2006). Lernlinien zur Verknüpfung von Kontextlernen und Kompetenzentwicklung. Chemie konkret, 13 (3), 124-132.

Cole, B. (2006). Teacher's implementation guide (Mathematics in context). Chicago, Ill.: Encyclopaedia Britannica, Inc.; [Distributed by] Holt, Rinehart & Winston.

Cox, B. D. (1997). The rediscovery of the active learner in adaptive contexts. A developmental-historical analysis. Educational psychologist, 32 (1), 41-55.

De Corte, E. (1999). On the Road to Transfer. An Introduction. International Journal of Educational Research, 31 (7), 555-559.

De Lange, J. (1999). Framework for classroom assessment in mathematics. Utrecht: Freudenthal Institut and National Center for Improving Student Learning and Achievement in Mathematics and Science.

De Moor, E. (1991). Geometry instruction in the Netherlands (ages 4-14). The realistic approach. In L. Streefland (Hrsg.), Realistic mathematics education in primary school. On the occasion of the opening of the Freudenthal Institute (CD-[beta] series on research in education, Bd. 9, S. 119-138). Utrecht: Freudenthal Inst., Research Group on Mathematics Education, Center for Science and Mathematics Education, Utrecht Univ.

Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1985). Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior. New York, London: Plenum Press.

Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. Zeitschrift für Pädagogik, 39 (2), 223-238.

Dekker, J. A., Querelle, N. & van den Boer, C. (Hrsg.). (2008). Classroom Assessment, 2000.

Dekker, J. A. & van der Valk, A.-E. (1986). Pre-university physics presented in a thematic and systematic way. Experiences with a Dutch Physics Curriculum Development Project. European Journal of Science Education, 8 (2), 145-153.

Demuth, R., Gräsel, C., Parchmann, I. & Ralle, B. (Hrsg.). (2008). Chemie im Kontext. Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzepts. Münster: Waxmann.

Demuth, R., Ralle, B. & Parchmann, I. (2005). Basiskonzepte - eine Herausforderung an den Chemieunterricht. CHEMKON, 12 (2), 55-60.

Deutsches PISA-Konsortium. (2001). PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Opladen: Leske + Budrich.

Dpa/mv (2007, 18. November). Teurer Tiefwasserhafen und angebliche Korruption. Welt. Verfügbar unter https://www.welt.de/regionales/hamburg/article1375828/Teurer-Tiefwasserhafen-und-angebliche-Korruption.html

Duit, R. (1997). Alltagsvorstellungen und Konzeptwechsel im naturwissenschaftlichen Unterricht. Forschungsstand und Perspektiven für den Sachunterricht in der Primarstufe. In W. Köhnlein, B. Marquardt-Mau & H. Schreier (Hrsg.), Kinder auf dem Wege zum Verstehen der Welt (Schriftenreihe der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts e.V., Band 1). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Edelmann, W. (2000). Lernpsychologie (Lehrbuch, 6., vollst. überarb. Aufl.). Weinheim: Beltz PVU.

Eijkelhof, H. & Kortland, K. (1988). Broadening the aims of physics education. Development and dilemmas in science education, 282-305.

Eijkelhof, H., Kortland, K. & van der Loo, F. (1984). Nuclear Weapons-A Suitable Topic for the Classroom? Physics Education, 19 (1), 11-15.

Eijkelhof, H. & Lijnse, P. (1988). The Role of Research and Development to Improve STS Education: Experiences from the PLON Project. International Journal of Science Education, 10 (4), 464-474.

Farin, I. (2010). Kontexbezogenes Arbeiten im Themenbereich "Kreise und Winkel" zur Förderung der Transferfähigkeit. Eine Unterrichtseinheit in einer fünften Klasse des Gymnasiums. Zweite Staatsexamensarbeit, Studienseminar Wilhelmshaven. Wilhelmshaven.

Friedrich, J. (2012). Chemie-Allgemeinbildung und Alltagsbezug. Vorwort. Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule, 61 (8), 5.

Funke, C. (2008). Das Monster vom blauen Planeten (Fischer Schatzinsel). Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch Verlag.

Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. Zeitschrift für Pädagogik, 41 (6), 867-888.

Gibran, K. (2006). Der Prophet. Düsseldorf: Albatros-Verlag.

Gilbert, J. K., Bulte, A. M. W. & Pilot, A. (2010). Concept development and transfer in context-based science education. International Journal of Science Education. (Accepted version 11.05.2010).

Gräber, W., Nentwig, P., Koballa, T. & Evans, R. (2002). Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung. Opladen: Leske u. Budrich.

Gravemeijer, K. P. E. (1990). Context Problems and Realistic Mathematics Instruction. In K.P.E. Gravemeijer, M. van den Heuvel & L. Streefland (Hrsg.), Contexts Free Productions Tests and Geometry in Realistic Mathematics Education (S. 11-32). Utrecht: Technipress Culemborg.

Gravemeijer, K. P. E. (1990). Realistic Geometry Instruction. In K.P.E. Gravemeijer, M. van den Heuvel & L. Streefland (Hrsg.), Contexts Free Productions Tests and Geometry in Realistic Mathematics Education (S. 79-91). Utrecht: Technipress Culemborg.

Gravemeijer, K.P.E. (1991). An instruction-theoretical reflection on the use of manipulatives. In L. Streefland (Hrsg.), Realistic mathematics education in primary school. On the occasion of the opening of the Freudenthal Institute (CD-[beta] series on research in education, Bd. 9, S. 57-77). Utrecht: Freudenthal Inst., Research Group on Mathematics Education, Center for Science and Mathematics Education, Utrecht Univ.

Gravemeijer, K.P.E., van den Heuvel, M. & Streefland, L. (Hrsg.). (1990). Contexts Free Productions Tests and Geometry in Realistic Mathematics Education. Utrecht: Technipress Culemborg.

Gudjons, H. & Traub, S. (2003). Pädagogisches Grundwissen. Überblick - Kompendium - Studienbuch (8., aktualisierte Auflage). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Hagleitner, L. (1983). Der sogenannte Animismus beim Kind. Praxis der Kinderpsychologie und Kinderpsychiatrie, 32 (7), 261-266.

Hartinger, A. & Fölling-Albers, M. (2002). Schüler motivieren und interessieren. Ergebnisse aus der Forschung, Anregungen für die Praxis. Bad Heilbrunn/Obb.: Klinkhardt.

Hatano, G. & Greeno, J. J. (1999). Commentary. Alternative perspectives on transfer and transfer studies. International Journal of Educational Research, 31 (7), 645-654.

Hendricks, W. (Hrsg.). (1997). Bildungsfragen in kritisch-konstruktiver Perspektive. Weinheim: Dt. Studien-Verl.

Hirsch, J. (2005). Interesse, Handlungen und situatives Erleben von Schülerinnen und Schülern beim Bearbeiten physikalischer Aufgaben (Bd. 40). Zugl.: Bremen, Univ., Diss., 2005. Berlin: Logos-Verlag.

Hußmann, S. (2006). Konstruktivistisches Lernen an intentionalen Problemen. Mathematik unterrichten in einer offenen Lernumgebung (Texte zur mathematischen Forschung und Lehre, Bd. 15). Zugl.: Essen, Univ., Diss., 2001. Hildesheim: Franzbecker.

Kattmann, U. (2005). Lernen mit anthropomorphen Vorstellungen? Ergebnisse von Untersuchungen zur Didaktischen Rekonstruktion in der Biologie. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 11, 165-174.

Klein, A. (1991). Ringen um die mathematisch-naturwissenschaftliche Bildung. Geschichte der Jahre 1945 bis 1990 des Deutschen Vereins zur Förderung des Mathematischen und Naturwissenschaftlichen Unterrichts e. V. (gegr. 1891). Bonn: Dümmler.

Köhnlein, W., Marquardt-Mau, B. & Schreier, H. (Hrsg.). (1997). Kinder auf dem Wege zum Verstehen der Welt (Schriftenreihe der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts e.V., Band 1). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Konrad, K. (2005). Probleme der Wissensanwendung in Schule und Hochschule. Aktuelle theoretische Ansätze und Lösungen, PH Heidelberg. Zugriff am 12.07.2018. Verfügbar unter http://mediendidaktik.uni-due.de/sites/default/files/Wissen_Handeln.pdf

Kortland, J. (2007). Context-based science curricula. Exploring the didactical friction between context and science content (ESERA conference 2007). Zugriff am 12.07.2018. Verfügbar unter https://www.esera.org/publications/esera-conference-proceedings/esera-2007

Kortland, K. (1984). PLON (Physics Curriculum Development Project). Curriculum Emphasis in the PLON Physics Curriculum, Brisbane.

Krapp, A. & Weidenmann, B. (Hrsg.). (2001). Pädagogische Psychologie. Ein Lehrbuch (4., vollst. überarb. Aufl.). Weinheim: Beltz PVU. Verfügbar unter http://www.social-net.de/rezensionen/isbn.php?isbn=978-3-621-27473-9

Labudde, P. & Möller, K. (2012). Stichwort: Naturwissenschaftlicher Unterricht. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 15 (1), 11-36.

Liedtke, M. (Hrsg.). (1998). Gymnasium. Neue Formen des Unterrichts und der Erziehung (Bd. 18). Bad Heilbrunn/Obb.: Klinkhardt.

Lijnse, P. L. (1995). “Developmental research” as a way to an empirically based “didactical structure” of science. Science Education, 79 (2), 189-199.

Lijnse, P. (1983). Physikunterricht in einer sich wandelnden Gesellschaft. Physica Didactica, 10 (1), 43-60.

Lijnse, P. (1990). Energy between the life-world of pupils and the world of physics. Science Education, 74 (5), 571-583.

Lijnse, P., Kortland, K., Eijkelhof, H. M. C., van Genderen, D. & Hooymayers, H. P. (1990). A thematic physics curriculum: A balance between contradictory curriculum forces. Science Education, 74 (1), 95-103.

Mandl, H., Gruber, H. & Renkl, A. (1994). Zum Problem der Wissensanwendung, LMU München: Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie.

Mayer, R. E. (1999). Multimedia aids to problem-solving transfer. International Journal of Educational Research, 31 (7), 611-623.

Mayring, P. (2008). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken (Beltz Pädagogik, 10., neu ausgestattete Aufl.,). Weinheim: Beltz.

Meyer, M. R. (2006). The Teacher Implementation Guide (Mathematics in context). Chicago, Ill.: Holt, Rinehart, and Winston.

Mietzel, G. (2006). Wege in die Psychologie. Stuttgart: Klett-Cotta.

Mullis, I. V. S. (2000). TIMSS 1999 - international mathematics report. Findings from IEA's repeat of the third international mathematics and science study at the eighth grade. Chestnut Hill, Mass.: The International Study Center Boston College Lynch School of Education.

Nentwig, P. (Ed.). (2005). Making it relevant. Context based learning of science. Münster: Waxmann.

Niedersächsisches Kultusministerium. (2009). Kerncurriculum für das Gymnasium Schuljahrgänge 5-10. Naturwissenschaften. Hannover: Unidruck.

Nolting, H.-P. & Paulus, P. (2004). Pädagogische Psychologie (3., vollständig überarbeitete und erweiterte Aufl.). Stuttgart: Kohlhammer.

Otto, G. (1998). Lernen und Lehren zwischen Didaktik und Ästhetik. Seelze-Velber: Kallmeyer.

Parchmann, I., Demuth, R., Ralle, B., Paschmann, A. & Huntemann, H. (2001). Chemie im Kontext. Begründung und Realisierung eines Lernens in sinnstiftenden Kontexten. Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule, 50 (1), 2-7.

Parchmann, I. & Menthe, J. (2004). Chemie lernen und mit Chemie lernen. Kompetenzentwicklung im Chemieunterricht. Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule, 53 (8), 12-17.

Peterßen, W. H. (1996). Lehrbuch Allgemeine Didaktik (5., überarb. und erw. Aufl.). München: Ehrenwirth.

Pilot, A. & Bulte, A. M. W. (2008). Analysis of CHiK. (eingereichter Artikel 28.05.2008-unveröffentlich).

PLON, Lab. voor Vaste Stof, Didaktiek Natuurkunde UvA, Didaktiek Natuurkunde RUG. (1984). Experimenteel natuurkunde thema voor de 5e klas VWO. Samengesteld door medewerkers van het VWO-bovenbouwprojekt en projektleraren: Rijksuniversiteit Utrecht, Amsterdam, Groningen. Zugriff am 15.07.2018. Verfügbar unter https://elbd.sites.uu.nl/wp-content/uploads/sites/108/2017/05/2161_80_Automatiseringbovenbouw VWO.pdf

Prenzel, M., Drechsel, B., Kliewe, A., Kramer, K. & Röber, N. (1998). Lehrermaterialien: Informationen zu Lernmotivation, Autonomieunterstützung und Kompetenzunterstützung. Kiel.

Prenzel, M. (1995). Zum Lernen bewegen. Unterstützung von Lernmotivation durch Lehre. Blick in die Wissenschaft, 4 (7), 58-66.

Prenzel, M. (2010). Geheimnisvoller Transfer? Wie Forschung der Bildungspraxis nützen kann. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 13 (1), 21-37.

Reich, K. (2002). Konstruktivistische Didaktik. Lehren und Lernen aus interaktionistischer Sicht (Pädagogik und Konstruktivismus). Neuwied: Luchterhand.

Rohen-Bullerdiek, C. (Hrsg.). (2012). Naturwissenschaftliche Grundbildung. Handreichungen zum Berufseinstieg von Elementar- und KindheitspädagogInnen. Heft B06. Bremen.

Rossa, E., Anton, M. A., Blume, R., Graf, E., Heimann, R., Hüttner, R. et al. (Hrsg.). (2005). Chemie-Didaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II. Berlin: Cornelsen Scriptor.

Ryschka, J., Solga, M. & Mattenklott, A. (2011). Praxishandbuch Personalentwicklung. Instrumente, Konzepte, Beispiele (3. Auflage). Wiesbaden: Gabler.

Schneider, W., Hasselhorn, M. & Bengel, J. (2008). Handbuch der pädagogischen Psychologie (Bd. 10). Göttingen: Hogrefe.

Schönke, M., Dose, A. & Haas, L. (2003). Von Lara Croft bis Amedea Avogadro. Oder der Weg zur Verhältnisformel des Wassers in der Sekundarstufe I. Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule, 52 (7), 23.

School of Teacher Education and Professional Development (Hrsg.) Representations: Graphs [Themenheft]. Making Sens of Mathematics. Manchester: Manchester Metropolitan University (Teacher Guide).

School of Teacher Education and Professional Development (Hrsg.) Representations: Graphs [Themenheft]. Making Sens of Mathematics. Manchester: Manchester Metropolitan University (Pupil´s Worksheet).

School of Teacher Education and Professional Development (Hrsg.) Representations: Graphs [Themenheft]. Making Sens of Mathematics. Manchester: Manchester Metropolitan University (Pupil´s Book).

Schütte, S. (1997). Rechengeschichten statt Textaufgaben. Mathematik und Sprache verbinden. Die Grundschulzeitschrift, 11 (102), 6-11.

Seel, N. M. (2000). Psychologie des Lernens. Lehrbuch für Pädagogen und Psychologen; mit 17 Tabellen und zahlreichen Übungsaufgaben. München: Reinhardt.

Siebert, H., Reich, K. & Voß, R. (2005). Pädagogischer Konstruktivismus. Lernzentrierte Pädagogik in Schule und Erwachsenenbildung. Weinheim: Beltz Verlagsgruppe.

Simons, P.R.J. (1999). Transfer of learning: paradoxes for learners. International Journal of Educational Research, 31 (7), 577-589.

Stark, R., Mandl, H., Gruber, H. & Renkl, A. (1999). Instructional means to overcome transfer problems in the domain of economics: empirical studies. International Journal of Educational Research, 31 (7), 591-609.

Steiner, G. (2001). Lernen und Wissenserwerb. In A. Krapp & B. Weidenmann (Hrsg.), Pädagogische Psychologie. Ein Lehrbuch (4., vollst. überarb. Aufl., S. 137-206). Weinheim: Beltz PVU.

Streefland, L. (1990). Realistic Mathematics Education (RME). What does it mean? In K.P.E. Gravemeijer, M. van den Heuvel & L. Streefland (Hrsg.), Contexts Free Productions Tests and Geometry in Realistic Mathematics Education (S. 1-9). Utrecht: Technipress Culemborg.

Streefland, L. (Hrsg.). (1991). Realistic mathematics education in primary school. On the occasion of the opening of the Freudenthal Institute (CD-[beta] series on research in education, Bd. 9). Utrecht: Freudenthal Inst., Research Group on Mathematics Education, Center for Science and Mathematics Education, Utrecht Univ.

Stuckey, M., Marks, R., Mamiok-Naaman, R., Hofstein, A. & Eilks, I. (2012). Chemieunterricht, Allgemeinbildung und Gesellschaft. Blicke über den Gartenzaun. Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule, 61 (8), 10-15.

The Cognition and Technology Group at Vanderbilt. (1990). Anchored Instruction and Its Relationship to Situated Cognition. Educational Researcher, 19 (6), 2-10.

Thiede, K. W., Brendefur, J. L., Osguthorpe, R. D., Carney, M. B., Bremner, A., Strother, S. et al. (2015). Can teachers accurately predict student performance? Teaching and Teacher Education, 49, 36-44.

Treffers, A. (1991). Didactical background of a mathematics program for primary education. Realistic mathematics education in primary school, 21-56.

Treffers, A. (1991). Realistic mathematics education in the Netherlands 1980-1990. Realistic mathematics education in primary school (11-20).

Van den Heuvel-Panhuizen, M. (1996). Assessment and realistic mathematics education (Bd. 19). Zugl.: Utrecht, Univ., Diss., 1996. Utrecht: CD-BETA Press Center for Science and Mathematics Education.

Van den Heuvel-Panhuizen, M. & Buys, K. (2008). Young children learn measurement and geometry. A learning-teaching trajectory with intermediate attainment targets for the lower grades in primary school. In J. A. Dekker, N. Querelle & C. van den Boer (Hrsg.), Classroom Assessment, 2000.

Van Den Heuvel-Panhuizen, M. (2003). The Didactical Use of Models in Realistic Mathematics Education. An Example from a Longitudinal Trajectory on Percentage. Educational Studies in Mathematics, 54 (1), 9-35.

Verboom, L. (2008). Eine spannende Geschichte? Grundschule Mathematik, 16, 4 – 7.

Volet, S. (1999). Learning across cultures: appropriateness of knowledge transfer. International Journal of Educational Research, 31 (7), 625-643.

Voß, R. (Hrsg.). (2005). Unterricht aus konstruktivistischer Sicht. Die Welten in den Köpfen der Kinder (Pädagogik und Konstruktivismus, 2., überarb. und erg. Aufl.). Weinheim: Beltz.

Vries, T. de & Sauermann, C. (2003). Feuer unter Wasser - Unterwasserfackel aus Wunderkerzen. CHEMKON, 10 (1), 33-34.

WDR (Autor), Maiwald, Armin (Regie). (2004). Die Sendung mit der Maus. Sachgeschichte - Solarmaus. Köln: WDR. Verfügbar unter https://www.ardmediathek.de/tv/Die-Sendung-mit-der-Maus/Sachgeschichte-Solarmaus/Das-Erste/Video?bcastId=1458&documentId=46209298

Winkel, S., Petermann, F. & Petermann, U. (2006). Lernpsychologie (1. Aufl.). Paderborn: Schöningh.

Wloka, K. (2005). Mit dem Kit dem Ötzi auf der Spur. Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule, 54 (1), 15-17.

Wolf, B. & Priebe, M. (2003). Wissenschaftstheoretische Richtungen (Forschung, Statistik & Methoden), Bd. 8, [3. Aufl.]. Landau: Verl. Empirische Pädagogik.

Woodbury, J. (2010). Problem Solving Series. Zugriff am 30.12.2010. Verfügbar unter http://peabody.vanderbilt.edu/projects/funded/jasper/intro/Jasperintro.html

Zenner, H.-P. (2012). Postulat einer naturwissenschaftlichen Allgemeinbildung an Gymnasien. Praxis der Naturwissenschaften Chemie, 61 (8), 6-10.

Anhang

Inhaltsverzeichnis des Anhangs

A. Interview with Truus Dekker at the 26th of May 2008: 292
A.1 Interview with Truus Dekker at the 26th of May 2008 (Ausschnitte aus dem zweiten Teil): 302
B. First interview with Koos Kortland 307
C. Second interview with Koos Kortland 324
D. Interview with Piet Lijnse 338
E. Interview with A.E. van der Valk 353
F. Ein Blick in die Praxis – zum didaktischen Ansatz von „Chemie im Kontext“ 363
F.1 Interviewpartner 1: 365
F.2 Interviewpartner 2: 371
F.3 Interviewpartner 3: 378
F.4 Interviewpartner 4: 385
F.5 Interviewpartner 5: 391
F.6 Interviewpartner 6: 396
F.7 Interviewpartner 7: 403
G. Evaluation von ProChem hinsichtlich des transferfördernden Potentials des Ansatzes zur Förderung naturwissenschaftlicher Grundbildung – Auszug aus dem Buch „Die explosiven Abenteuer des Kapitän Pasteur und seiner furchtlosen Gefährten“ 410
H. Entwicklung, Durchführung und Evaluation einer kontextbasierten Chemieeinheit in Anlehnung an den didaktischen Ansatz von „Mathematik im Kontext“ 440

A. Interview with Truus Dekker at the 26th of May 2008:

You send me some materials from “Mathematics in Context”. What is the difference between “Mathematics in Context” and “RME”?

Well, “Mathematics in Context” is based upon the “RME”-theory, so it is something we designed for the American market, so it is based upon the standards from the NCTM, the national council for teachers of mathematics, so they have their standards and they are not the same standards that we have in the Netherlands. They have a different order, different subjects in mathematics even, for example they start with algebra at a very early age and we never do algebra before twelve. So you have to base these materials upon the standards that they use in the United States and we wanted to show them how you could use such a math. So the design theory behind it is “Realistic Mathematics Education” and…well, otherwise it is just an American method, so of course we had to adapt to the American needs. Because there is one thing in particular that is that what we want to do is to build in hurdles […], that is like a bump in a road […] well so you build in a hurdle, because you want students to take that hurdle by themselves, the Americans don´t like that, they say you have to take all the hurdles away, so you have to take very small, tiny steps, so we can take them by the hand and lead them through the books, step by step, so they won´t stumble, so they can take all this little steps all by themselves and they can do every problem right. And what we say is, well, we want them to get into those bumps in the road and then they start thinking how can I solve this problem, because we want them to think for themselves and not repeat the teachers thinking. That was very hard for the Americans to do, because always, whenever I send them any materials, they say, well let us break it into smaller problems, because our students can´t do this, meaning we can´t do that of course. And I send them a test because assessment is my main field of interest, so I send them a test based upon those materials and it would be a test for fourteen minutes, one class period and they say, well, I needed the whole week to do that test with my students. And I say: How is that possible? Well, of course you have to read the text ten times, or the students read the text and that student reads the text everybody understand what it is all about, does everybody understand all the words that are in it, if they don´t, we will give more examples, well after an hour they may have solved one problem and then they say does everybody know now what to write down on the test paper? In my view that is not a test. But the teacher said all the students should have at least an A or a B for a test and it can´t be possible that the students do a test where which they have not enough marks. So the cultural in different countries is very different so you have to take this into account.

But first there was RME here?

Yes. That started in the seventies.

[…] / *[…]*

Would you be so kind to explain for me as a totally unexperienced teacher in all this material the typical structure of such a unit? Such a context-based unit?

Yes. […]

Would you please to define the word “context” and its role and function in this approach?

Well, if you give me three hours I could. […] That is a very important part. But the context can play different roles. I have even written an article about that and Jan de Lange has written a very important article about the different roles of the context and I know in Germany especially they see "context" as a kind of application, so you first do the theory and then in the end you have a context-problem, where you apply the things that you have learned within mathematics. That is one role of the context, it is not an unimportant role, but it is only one role. You could also start with a context and use the context itself as a starting point to study new mathematics, because what we like students to do in "Realistic Mathematics Education" is understand why you are doing something. So you give them a problem, they can´t solve, so we ask them to think about that, let´s say how medicine will dissolve in your blood stream, what happens then. And let´s say well it starts with a whole amount and of course after a few hours it will be less and less still present in your blood. So can we describe that? Then we try to make a mathematical model of that situation and that might be a new mathematical model, so something they haven´t studied yet, like exponential functions. And then based upon that example you start to study new mathematics and of course in the end you go back. So that is abstract mathematics, because within the model you use the abstract mathematics.

And if you develop such abstract mathematics in a context…

It is not within the context, it is based upon the context. So it is by example and then you say well you know…so you look at more different contexts, because this context is described by the mathematical model, then you have another context but the mathematics will be the same. That is not something that is very easily understood by students, so they…what they start to do is treat every context-problem on its own, as if it is an entirely new problem.

That is also the focus of my research-project, because also in PLON as a physics-approach and in CHiK as a chemistry approach we have this transfer-problem. The concepts we developed in one context, the students aren´t able to transfer it in a new context.

No, but they should not transfer from one context to the other the transition should go through the mathematics. And that is of course what you are trying to do. So you have this context-problem you make a mathematical model and you solve the problem within the model and then you translate back to, because you have a solution there and you have to translate it back to the original situation because you want to know can I use these solutions within this realistic, more or less realistic situation. And this context-problem could also be chosen from mathematics itself, so with a context there is not always a realistic situation, it is something… there should be an interesting problem, a problem, so a problem that is worse solving. So that could be a mathematical investigation.

And what is the difference then between a context-based approach and a problem-solving approach?

I don´t see "context" and "problems" are different things, so the start should be an interesting problem to be solved. But that could also be…so this could be a mathematical problem and it could be something taken from real life. Something from a newspaper, or from a scientific paper or whatever. Because not every…because you have these mathematical subjects you want them to study and not every mathematical subjects is suitable to start with a real life problem. So we don't do that. But we say the problem we start with should be something interesting to solve and that is what is important. So it is not

whether it is a context or t is something from mathematics itself, but it should be a problem they couldn't solve until now and you ask them to solve.

So they are motivated to go on in their learning process.

Yes, because what is the use of learning new things if the only thing you learn is to use new mathematical tools, because that is what most mathematics teachers are doing. You are learning your students to use mathematical tools. It is like becoming a carpenter and just learning how to use a hammer and nails and never making this nice little […] table or whatever. So we shouldn't just learn new mathematical tools but it should be understood for students that there is a need to develop a new mathematical tool, because the tools you have until now are not suitable for this problem.

How is the pre-knowledge of my students involved in such an approach? How can I respect the pre-knowledge of my students?

How can I respect the pre-knowledge? Well, of course there is a huge difference between your students anyway, because in one class the previous knowledge of all your students will be very different. They will all be at different levels of that informal, pre-formal, formal stage. So, as a teacher you have to know. You have to be doing before, so you have to know what kind of mathematical knowledge they need to understand before they can start on a new problem, of course. So that is…and you might want to test that, you could do that, but you could do that doing a classroom discussion, because what I wanted…we were talking about the role of the context weren't we, so this was only another role of the context, so a context being used to develop new mathematical concepts.

You talk about the word "concept". Would you be so kind to define the word "concept"?

Again, that is something you have to study more about because there is a whole lot about of talking about this context-concept approach. I don't think I'm the right person to talk very deeply about that because there is so much literature about that but in, what I just said in… a mathematical concept it is let´s make it simple and say it is a new subject a new mathematical tool, you want to develop or a new mathematical idea you want to develop. And then you use that context to start up with.

[…] What would you summarize are the most important aspects in this approach concerning the learning process?

Well, I can tell you from my own experience because I have been teaching for forty years, so when I started teaching…well, let me give you an example, that might be easier:
In the Netherlands we have school exams, apart from the national exams which is obligatory for all students, but you also have a school exam that is make by the teacher him- or herself. So in the schools I have been teaching at I always had to sit at the oral French exam, because I was one of the teachers who could understand and speak French and that weren't that many. So I always sat in those exams as a second teacher, so you have the teacher herself doing the exam and I sat there as a second teacher and of course you were involved in the exam, oral exam. And I know from one school, the students there was vocational education, so very low level, the students were given let's say a number of words and they were asked to make a good sentence out of that and then pronounce that. And well, that is what they did. And it was not on a very high level, but these were low level students, vocational level, so well, I took it for granted of course. And then in my next school I had to sit in the oral exams

in French again and then you know these students came in and they talked to their teacher who asked them questions, so no, nothing about words and then making sentences but just asking them questions and they talked so fast in French that I had trouble to understand them correctly, because well they were almost perfect in their pronunciation, I was just flabbergasted, to use a nice English word. It was astonishing what they could do. So I thought there is such a huge difference between this school and my last school, so I thought this must be a very good teacher. It was a very experienced teacher and his students always had good exam results but even then I couldn't imagine how the difference can become so big. But after the tenth or the twelfth student I began understanding is what I heard were the same questions and the same answers all over again. So after a while I understood that these students have learned one hundred questions and answers by hard. So what they were doing was just repeating one of those and if they were very good students, as the teacher later explained to me, he could start with the 87th question and ask that one it was all about one book they have read and if they were very weak students he could only ask the first ten questions in the right order. So and then if they could do only that, and they have five out of ten and if they could start with question 87 and then ask question 23 and then question 45 they have a eight or nine out of ten. And then I wasn´t that impressed anymore, because I thought well, what use will it be to talk about how somebody was step with a knife in his back, because that was one of the questions, because it was about that book. Even if you simply pronounce it in a great way it won´t be of much use if you are standing at a bakery and want to buy a low. But then late in the evening at home I thought, well, you know what we are doing in mathematics is exactly the same thing, because I´m asking them to add two factors and these were also vocational students, and I´m asking them to solve equations and they are just doing as they are told and if it is in a different order they can´t solve those problems and then I, well I realised that if you learn a language it is not enough to study grammar and to learn three thousand different words because then you still can´t speak the language but in mathematics it is not enough to learn only reproduction and repeat what you have been told to do, because you can´t use that. So then I understood something had to change and I got in touch with the Freudenthal Institute and they were busy changing the curriculum and then we changed the curriculum and the central examinations at the same time, because they influence one another of course. So then, it looked as if the general level of the students became lower, because then people said, well you know what, before we started with this, this new mathematics they had a better knowledge of mathematics. But it was the same thing as with the students learning those hundred questions and answers, because it is a level that is not really there, because it is just something they could do during the examination and later on of course forget, because it is not something they understood. It is just something, well they learn by hard and they could repeat now and then, well just like a monkey. So then we started up with this new approach and I never had a question for my students again saying, why do I have to do this? Because […] you understand why you have to do that, so you understand that you have this problem and you have to design a medicine that will stay at a constant level in your blood and you have to find something for that, then you have to know the mathematics to do that. And they understand that people who are working in this professions need a lot of mathematics to do that […] *and then mathematics became relevant, but of course if you only do those context and never look enough into the mathematical content, yes, of course then again you are not right […]. So you have to have a combination of both.*

This combination, looks this combination like that I sometimes develop mathematic concepts in a context and sometimes…

…and sometimes you don´t. […]/ […] *But I say it to my students, well you know today I´m going to teach you how to use a new mathematical tool we haven´t done yet. Because in order to solve new problems we have to learn a new…but then I tell them this is a new mathematical tool, so it is just a tool and we will do a lot about this mathematical tool because the problems you can solve with this particular mathematical tool are too hard to start with, so you have to…I have to teach you…but then it is understandable that you need those mathematical tools and sometimes you need mathematical tools to go further within mathematics because if you do a preuniversity course you want to build that whole complex building that mathematics is and they have to understand and generalize their knowledge about mathematics. So it is not studying about how you can you can use this mathematics, because for them it is not that relevant anymore, because they want to study about the knowledge itself, so that is a different track and we use those different tracks for different students, so we say mathematics for all, but not the same mathematics for all students, depending of what you are going to do later.*

What are the problems you have to face with in this approach?

The problems you have to face are that it is sometimes difficult especially for teachers to find those interesting problems, because sooner or later many of those will say well, you know I can´t find an interesting problem and if I have an interesting problem how can I mathematize it, how can I make a mathematical model and show them there is a difference between the mathematical model and the realistic situation you have just the mathematical model. That is not easy. And it is not easy to make interesting problems for a test for example. It is much easier to look at the textbook and use some problems, change the numbers and you have a test. So that is basically what I do mostly in my professional development courses, trying to teach teachers how they can design context-problems and still make them interesting problems.

What about the learning outcome after such a unit? When I develop mathematic concepts in a context and after that I ask my students in an examination or something like that to use these concepts in another context.

Well, that is of course which you need and that is what you want them to show. There is another model I will give you that later, but that is a pyramid model I use for assessment. This pyramid model has three levels and if you know about the PISA study, we used that same model for the PISA study, although we haven't called it a pyramid-model but because of pyramid, in a pyramid it looks as if there is a certain hierarchy, as if the lowest level is less important than the higher level. And that is not what we mean, but we mean this pyramid the lowest level that is a reproduction, that is the same as it is called in PISA, so reproduction level, then the second level that is integration, so integrate information from different sources to solve the problem, so maybe from a table, or from a story, or from a graph or whatever and at the same time choose your own mathematical tool, so you are not telling a student you have to solve this problem using the Pythagoras Theorem but you have to solve this problem and then find your own mathematical…

How successful are your students there?

Well, they have to learn it, you have to teach that in school, that is not something that comes natural. So it is something you have to do in school, I have to show them, well I have this whole box of mathematical tools which one can I use, it s something you have to learn.

People seem to think that well, you give them as many mathematical tools and all of a sudden they can…of course they can´t, you have to teach that.

And how can I teach that?

By doing it, by showing them, well here is this problem who knows how we could solve that? Well, somebody would say could we use the Pythagoras Theorem or another one might say which is working at the lower, more informal level yet, can we do a drawing to skill and then measure and in some context that might be enough. And if you want to know a more exact answer you might use the […] or whatever. So you have different mathematical tools and you discuss those, so what is the advantage of using this one? Why did you think of that one to be used here? And why do you think it is enough if we make a drawing of skills to measure? Is that enough?

So, I train it in different contexts with my students already, which tool can you use…

Yes.

So they are well prepared for the examination.

Of course, yes. And that is something we found in the PISA and in the TIMSS study as well that something very special had happening with Dutch students compared to other students, we didn´t realized that, that Dutch students do not skip questions. So, because they are so used to getting new and unfamiliar problems, problems they have never seen before, they have…So they won´t say well, I can´t solve this problem, because I have never seen it, no they just it is another problem so they start by trying to do something at least. And sometimes that helps and they might get partly credit or something well and sometimes it might even be something they didn´t learn at school, so they couldn´t solve it, but so what you see is that they at least try to do things and that is something very important and I said we didn´t realized that and in the TIMSS study we found the same thing we saw that the Dutch students didn´t skip problems but they started working on that. And that is what you want them to do in…also in later life. You don´t want them to say, well I can´t do that because I never could, but you want them to try and look and see how far they can get.

Sorry that I ask you in such a direct way, but are your results of your examination today better than from the traditional teaching?

Well, you can´t say better because you, well they still get marks from one to ten, so it is a summative exam of course because you are, basically you are comparing students at the same age and you comparing did they reach those goals. So you comparing it with the goals you… with the standards and the standards have changed, so you can´t say they have better […]

What would you say as an experienced teacher from a traditional way of teaching to nowadays in such a context-based approach, what has changed in the learning outcome of your students?

Well, as I said for those students in…[…] those who are training for profession they had a lot more confidence and they could use those…the mathematics better. We have a lot of experiences recently in the United States with the…students still need to get algebra, through algebra one even if they want to do a vocational course and as soon as you show them how

they can use that or you give it a different approach so you want them to understand this instead of just repeat then they said finally understood why I´m doing this, so I can use it later. On the other hand for students who are going to university course, I think, well we should have had higher demands there, because they could have done better, but that has also to do with the use of graph-and calculators of course and of course it has to do with the…because so many things are happening at the same time, we have the so called study house now in the Netherlands, I have done that in the school I have last taught in it, which was a Gymnasium like in German Gymnasium, so it was very high level students, small school and you know what this was study house, so they got instead of having three lessons per week, they only have two lessons per week, so they had at the end of their Gymnasium course for mathematics they had two weekly lessons. Which is very…that is not very much at all to go to University and study mathematics. And this extra hour they were supposed to work at home or privately or within school and work on their own. And of course they wouldn´t do that. And then I talked with them and I said why to you go to University you will find a lack in knowledge and they said, well that is our problem that is not your problem, because one of the key issues in Dutch teaching is that responsibility is with the students, it is not with the teacher. So we feel that the students are responsible for their own, for their own development and if they say I´m not going to do this and they know, especially at a Gymnasium, they know that they won´t let only ten percent of the students pass the final examination they couldn´t do that […]. So I think that is something we should have done, but that is not something we here at the Freudenthal Institute would favour, but somebody else for them. So it is always these different things having less weakly hours and students being responsible for their own study and students having to work independently which not all of them could of course, so that …if you do all those things at the same time you will have a lot of problems. What is happening now is that people say well, you know that is because of those context the problems and of course it is not, it is not…at least it is not the only thing.

I would like to focus on concept-development and its problems in different approaches. What idea of a learning process especially of concept-development lies behind the structure of this approach?

That is a very hard question to answer because, you know it is not all this, so that you start with a context to develop a concept, so sometimes you try…a concept is more, within mathematics it is, just building a new mathematical tool. Simply that it is not a new concept it is not a new big idea. And developing those big ideas within mathematics that's something that should be at the back of your head, but it is not always something that teachers are conscious of. So teachers are sometimes focussing on the development of the mathematical tools only, so they think they have done a great job if they have showing them how to do this and how to do that and how to do such and the use. And then, so there is no discussion about this development of the concept behind it for them. And of course here again if you want the students to work independently, independently from the teacher, there is not much time available for classroom discussion. Whereas we say well, classroom discussion, classroom discussion between teachers and students but also between students themselves is the most important thing to develop your thinking. But if you don't allow that because they need to work on their own or in different rooms or work independently in different chapters in the book there is no possibility anymore for that discussion to become present in the classroom.

What was your idea as a designer or developer of RME about the learning process? What was your idea?

Well, I don´t think that I was one of the developers of RME, because there was Freudenthal that was in the sixties and in the seventies so the theory was already there but my role in it has been the assessment so the national exams and classroom assessment and so I know a lot about assessment, I haven´t developed the theory. I know what is behind it and I know what the problem areas are because, well we talked about a few of those that maybe encountered by teachers and […] we talked about the role of the context, I emphasizes two roles but there are maybe five or six and some of them is the role of the context in a way that you see a lot in books and what I named them as a "non-text" and that is what you see a lot. So that is a context that is used only to, we have a nice word in Dutch for that: "uploeken", so to make it look nice […]/ […] *so you could use that just to, as a nice nice* […] *and then the context doesn´t play a good role at all of course. Or you have a "non-text" where the answer is something silly. I always told my own students, if you find a context in my test because I can´t change the book, but I make the test, so if you find a context in my test, that has an answer that is not really realistic like you have to find the volume of a soup ball, that was a problem in a book, and then the answer was one litre are there no soup ball that contain one litre. So if you say, well this is the answer but it couldn´t be right because then you get an extra bonus. Because I want them to look at those problems and see where there were "non-texts" and where there were real problems. […] Because I said you still solve the problem mathematically, you just solve it, but make that comment, because then it shows that you are really understood how to go back from the solution you found in a mathematical model and translate it back to the situation and then you have to reject that solution but it is still, because you have done your work correctly, it is still a good solution but it should be rejected because it couldn´t be true. So there must be a "non-text", so you want them to be aware of something that is a real problem and something that is not.*

[…] Let us try to think from a student's point of view. Perhaps we would like to write a "spiekbriefje" during such a unit. How would your "spiekbriefje" looks like? Would it looks like, o.k. write down some equations and some o.k. you have to do first this and first this and first this, or what would be the form of such a "spiekbriefje"? […]/*[…]*

Well, they won´t make a "spiekbriefje", what I did was say well, so now we finished this chapter or this unit and now you get a blank sheet of paper, here is your test, make your own problem. Because that in the end is what you want students to be able to do, to think of their own mathematical questions and to make as it were their own problems. If you can make your own problem about that unit or that chapter, then you really understood the mathematics within and you can challenge yourself because I often found that my students could pose questions beyond what I have ever asked within a classroom test, because they thought they be able to do that and of course they were […] handle the answers to the problems the make as well. Or you would see a student would make a few problems based upon the first page of the unit or the chapter and then you know well, the student either has not understood rest or hasn´t done it. So that is something…I didn´t do that all the time of course you have to have an assessment plan for a whole year, but that is part of the RME theory is that you have, have to use students own productions, so…

And would it be possible that the students would write down the way through a context, you know that a student write down, o.k. I had such and such a problem in this context and these are the steps we solved the problem.

They might.

But would this be useful for the students?

I don´t think, well it depends. It depends on the size perhaps, basically on the size of the problem. So if it is something like an investigation, that is something you teach them, so you teach them what steps are we going to take to solve this problem, so you don't want them to repeat that again, or they could show you in a particularly problem the steps they have taken because…

But they wouldn´t, they can´t use these steps exactly in another problem?

No, because another problem might have another approach, or…but the large steps should be there like going…And sometimes you know in a test you don´t always have students make their own mathematical model, so you show them the situation and you give them the mathematical model of the situation because you want the mathematical model to be equal for all students. So it depends on what you are doing. But you are…usually I´m not asking for a strategy, so I won´t, in a test I won´t ask them for their strategy. Not say I´m not interesting in the answers but show me your strategy because the strategy will show within their solutions.

When I taught my students, twelve or thirteen year old students, I always had the impression when I presented to them a real life problem they were first absolutely shocked, they can´t do anything. Perhaps they, because they were not used to do so. But after that and when I tried it several times I asked them to write down on a sheet of paper what were your problems and so on and I always got the answer: I don´t know how to start. I never know how to start. I never know which mathematical tools to use and so on.

And how to make a mathematical model. And that of course is an important step. So if you get that answer from your students you know this is something I as a teacher have to focus upon. So this is something I have to teach them, so I will give them as many different problems as you could see in a Dutch textbook. And they say well you don´t have to solve this problem but just tell me how you start, what you do as a start. Because sometimes students have the idea they are not allowed to make a sketch of a situation or they think that making a drawing may not be used as part of the solution because they think it is not in words. So they didn´t hold the whole number of different strategies they may not be aware. So what I did, when I was teaching I showed them different strategies from other students on a piece of paper and said, now you are going to great this, because I want you to look at my solution and say do you think this is a good solution or is this a good solution and why. And sometimes you have, well you must have seen those students who might be good students but always wrote down too little, or would write a whole novel and you say well that is true of course, that takes so much time, so you shouldn´t do that. Find nuances within that is different for different students,so you have to individualize this teaching.

So the most important aspect is that I have to train it together with them, to train how to solve a problem.

Let´s talk about that in classroom, how should we…where should we start, what do you do, what would I do as somebody and you might even show them, because teachers usually show them the right solution right away, but what is important is to show students is that even mathematicians are not always right the first time. So you might start somewhere and then you say well that is not a good track that is not the right mathematical tool I have chosen, let us try something else. And that is probably o.k. you don´t have to do it alright the first time again. But for students that is something new it is not something…they have always

seen the right solution, the teacher is always right. So, I had always ask the students first what should we do and then start in that direction even knowing that this couldn´t work. And then you show well, we do this and this and this and now we get stuck. So does somebody knows something else we could have done here.

And you mentioned that you also sometimes present your own way of thinking, so the students can compare it with their own…

Not my own way of thinking, sometimes I do that, but usually I used one of the students strategies, so I´d say well, let´s show what he or she did, or let the students present that.

So when I think about a concept-network or about the concept-development behind it, when I show the steps of the students working through such a problem, then behind it there lies a special concept-network of the student.

Yes, and that is your role to make that development of the concepts explicit, because that won´t be explicit for the students. So you have to show them this is the mathematical building we are developing here and look here it is based upon what we did last year or we…it is based upon something you have done earlier. […] So that is your role, because that is something the students can´t do. So you have to show how this building develops.

So if I present this […] problem-solving for my students, then I have to make clear that this is one way to go, this is one concept-network of the student and since concept-networks are individual I have to support the other students to go their own way and to think their own strategy.

Yes, because another student may still work at a very informal level and he may not understand what is happening on the black board, so you want to show that informal way of, so this informal…you don´t do that all the time of course, as it would take too much time, but every now and then you do that and you show how this informal strategy could still be right. But then you say, well you know that this is right and you got to the solution of the problem, but we have already, because we have done that previously, we have done that in earlier lessons, we have already done a more formal way of solving this type of problem and maybe you should look again whether or not you can use that more formally, because you should have taken this step now. But if you can´t it is still good, that you still solve the problem in this informal way, because you feel comfortable there, but might take more time, because you know when you given a test students will always complain I had not enough time. And I have done that sometimes when I had a double period, well this is a test for one period but you can sit as long as you want to, because I don´t want to hear I have not enough time anymore, because I will give you more than enough time. And after that is our break, so go a long within this break and of course they soon found out that after the one hour they didn´t do much anymore, because if you can´t solve it in a formal way because you haven´t done that you can only do it in the informal way you might get stuck or you feel…it doesn´t always help to have more time. So you want them to experience that. So find out I will gave you twice the amount of time and it didn´t help, so you might have studied some more before you took a test. […]/ […]

A.1 Interview with Truus Dekker at the 26th of May 2008 (Ausschnitte aus dem zweiten Teil):

[...]/ […] → 4:10
And it is starting with the development of graphs and this is something that is very different from what the Americans usually do because in…for the ten to fourteen year old the middle school they only do linear graphs. So and we said when you are, we are trying to talk about graphs you start with…well, here you see we start with the problem about the rings in a tree and then you are making graphs out of that. But this is something different from graphs they have ever seen of course, so for them this is very new, […] And this of course is not a line graph at all, but that is where you start, so we say, we don´t start with a line graph, because in reality they don´t appear that much. So you have to know a lot about graphs first, and about graphing and about reading graphs, drawing graphs before you can even go to linear graphs. So and that was very new for them to do something like that […] so different descriptions so here different…this is about […] *the different representations of a graph, like the table and the story and the graph, so you want the students to be able to match those. And that was very new, because they said well you have a function and you make table and then you draw a graph and there is never a story about a graph and here you say, well here is a story, a graph tells a story, why use a graph, […]because a graph tells you something and…so you have to look at those different stories and then match them with the table and the graphs. → 6:18*

→ 6:50
So this is for the teachers, because many of those teachers won´t have the mathematical knowledge to know what kind of mathematical content is addressed here within this context. So they take a lot of time talking about the context and about like talking about fishing and what kind of a row do you use but it is not about the fishing it is about the graph that they should talk. So they should talk about the story that is told by looking at the graph, so that is what you trying to tell them.

[…]

So then we go to linear graphs because that is of course what they wanted to do and as you can see, we start writing the recursive formula, because that is the easiest way to express that and we have done that in earlier…and we start with either word-formulas or where you instead of "y" and "x" you use a letter and we do that in vocational education in the Netherlands a lot, so we use the letters, the abbreviations […] *instead of…so we start with the word "length" and the "time" and then only later…and then at a certain point, well you know what we want to graph this on a graphing calculator and then you really need to use "y" and "x". Otherwise why use "y" and "x"? → 8:14*

→ 8:22
Is here also a structure of a typical unit in it?

What do you mean?

A structure like: in the first phase I present the problem, in the second phase […].

No, because well that is what the teacher may want to decide herself.

So there…you don´t have a typical structure you can go through?

No.

What is the…what are the most important aspects for me as a teacher to consider, when I want to teach such a context-based approach?

Well, that is for students to understand what you are doing instead of just teaching the mathematical tools but show them what they are used for […]. And what we see in the United States, because this is very far away from a traditional way of teaching of course and what they sometimes do, because the American teachers are not so book dependent as the Dutch are, so they might choose to use one of those books for a certain topic for the introduction of the fractions for instant, or for the introduction of graphs, […] because that is not in their own textbook. So they often used them as a supplementary unit.

If I could try for myself, I start with the context I present them such a…

…with a problem.

…with a problem or a context and then they have a "need to know" more about mathematics.

Because you show them here is this table and when we say, we have done linear graphs, this is not linear so we need something else.

So there is a "need to know" more.

There is a need to develop more mathematics it is, yes, it is a need to develop more mathematical tools.

O.k. and then I develop…

…and then you develop those mathematical tools, of course.

…together with them, together with my students in discussions and so on.

Yes. And of course you as a teacher know where you want to go. Because you show them, well this is definitely not linear so we want to describe this particular type of growth or decay.

So when I have developed these mathematical tools I go back to the context-question.

Well, developing those mathematical tools you solve the problem.

During this I solve the problem and after I have solved the problem and developed…

…yes, and then you go back to…here is an entirely different problem and now we are applying what we have learned within a new problem.

…applying in a new problem, o.k.

And as a test you might want to know whether or not they can use those mathematical tools, because that is important of course, so we shouldn't say this is a step that is not important that is the most important step because you want them to develop their mathematics. […]
So they [the teachers] *think they loose themselves within the context because you can talk about this context like carbon-dating, well I could talk for a whole day about that if I want to but I have to focus, because I have to tell myself all the time, well of course I can answer all those questions but we have to focus on the mathematical tools you used here and not on the whole of this context.*

Who formulates the question for going on? When I have this context and you mentioned the focus you can´t tell everything about…

[…] That is the teacher´s job, of course.

The focussing comes from the teacher […].

Because as soon as you pose that a problem your students will go anyway, they will have a hundred thousand questions and of course they are interested because it is something new they haven´t heard about, so it is something they want to know about and sometimes you might even say well, you know we can´t spent all the time on just carbon-dating so you have to ask your biology teacher or your physics teacher about that. […]So you have to remember yourself that as a teacher I allow that for a while as a start of the discussion and I have them posed questions who knows about carbon-dating, what does it mean, what can we do, what can we not do, […] but then I want to focus on the mathematics. So I want to pose the mathematical problem. So that is an important role for the teacher.

[…]
What I as a teacher have to have in mind is that I first I have to focus the context, what I want to go further on, that is one of my roles, then I have to develop mathematical tools together with my students and then present a new problem that they could apply.

Where they can apply these mathematical tools in it. And sometimes, what I…I have been a trouble shouter when I started my working period as a seventeen year old, so what I do is use my own experience to use those problems by encountered myself or something I read in a newspaper or something that happened in our neighbourhood and I use those, because if you are working with young students you want the context to be close to the students, close to their own experience so close to something that is easily understood. And for older students for sixteen or seventeen year old you can use a more scientific context so it can be farther away from the students, so you have to…the role of the context is a very important one, so you have for very young students you can use a made of context like about a story […] or well you could use that because they are used […] reading stories about all those. So a realistic context doesn´t always have to be real life it can be a story you have made up but it should be something that is for younger students and for lower level students, it should be something that is closed to their own experience, so in an national exam for vocational education we do a lot about somebody redecorating a house or somebody who build a house, because many of those students will be builders, or assistant builders, or they do a lot of decorating a housing. So it is something close to what they are doing in school for their vocational training.

When I come back to this structure, […] what is the educational function of the first phase? To motivate my students?

Motivation is very…it is not the only thing, because you want to show how mathematics is man-made, it is something…it is like the Greek, well and in…mathematics started by solving problems and then developing the theory behind it, so it is basically the students are going through the same phases as history of mathematics show. So it is not only mathematics, but we believe it is something that is more natural for them.

And here in this second phase to develop mathematical tools, what is the educational function is to know, to get up the knowledge.

Yes, you have…

And here it is more like, applying in a new context means I broaden and deepen my…

Yes, I can use those mathematical tools in any situation and this part of the whole thing is not the most…as opposed to what the Germans think, we don´t think that is the most important part of it, because depending of what kind of students you have. So for vocational students this is very important, because we want them to be able to apply those tools in other situations. But for those who will be studying mathematics this is not very important, because for them it is the building of the mathematical concept is more important, because you want to study mathematics as a whole and for them this starting problem could be an investigational problem within mathematics.

When I here develop…when I think about the situation in students´ mind, when I here develop mathematical tools, then my student has in mind some kind of a concept-network. But this concept-network is embed in this context. And if I wouldn´t have this phase here and applying it in a new problem, I would be afraid, that my concept-network would be very, very limited to this context.

Yes, but there is not only one context here you might have several here. […] *And then you show how the mathematical content in the different contexts is the same.*

So I could probably go here back to this context…

…*of course.*

…and to this context. This is meant by this phase?

Yes.

Applying in a new problem would mean: go back to other contexts.

Yes, could be that. And very often for the more able students this is what you do and show them, how we look that up problem, how we could solve it now, but we could do this problem now, could you think of a similar problem.

Then we would get a more flexible concept-network.

Yes. Flexibility is a good description of that.

How would you characterize the role of the students in each phase of the learning process?

So the student should be able to pose his or her own questions, and that is something important too, so you have what do I want to know, why do I want to know it, how are there different problems of the same type I have seen before? So they have to develop a kind of thinking in different mathematical…well, to see the role of the mathematics in here. Because sometimes you can solve a problem, well just using your brains and then they say I can solve it anyway. And then you say, well of course do that. But if the problem gets more complicated, you can really show the strength of algebra, or of mathematics in general, so you want them to make it visible for themselves.

But where is it possible for students to formulate their own questions?

Because you ask that in a classroom discussion, so that why we think classroom discussions are so important. […] / *[…] And depending on what you are doing in classroom, because you don´t do that all the time of course, because you have no time for that, but…and sometimes you want students to work in groups, so have students to have a pear-discussion. So if you can explain what you are thinking to somebody else, then you have understood. So that is what you want to.*

O.k. so, I think everything is clear. […] / *[…]*

You have to develop that structure [of a unit] *yourself, I cannot give you that structure […] because that is an example of what we did here, you have to develop it, because based on your own knowledge, because I don´t know you, what you have done before and how much of the theory you have done already, so the only person who can really build that structure is yourself and I can only show you some parts of it and then you build it yourself.*

[…] / *[…]*

B. First interview with Koos Kortland

O.k. it is all about the unit „Ionizing Radiation". When we think 25 years back and I as a teacher want to teach this PLON unit. First of all, why do you as a designer think that this is a typical PLON unit?

It is a typical PLON unit because it deals with situations that students in their future daily life might come across and I think that, with the help of the knowledge presented in the unit, they might be better able to reach an informed decision or opinion about their personal situations or what is called social scientific issues and that also specifies, I think, the range of daily life situations that I was talking about, they can be very personal in a health context, they can be social as far as energy supply is concerned.

Let us talk about this thematic unit, this one, and the principle structure of this. Imagine, that I'm a young teacher and I have never taught PLON before and so I have some questions to the first phase "orientation". What do you say as an experienced teacher of PLON: When I want to teach this unit what are the most important aspects to consider in the first phase?

First phase. Difficult questions, or? First of all, I think that in a first phase it should be clear what the intention of the unit is, so what are we going to deal with in this unit and why are we going to do that and that why is the things I have been talking about in my answer to your first question, so what and why. And the second thing is, o.k. how are we going to do that so that would be a kind of an advanced organizer for the students. And the second important thing is, I think, in this first phase, is that students come to realize that there is indeed still something to learn. They have ideas about radiation, they have ideas about radiation in medicine, about nuclear reactors whatever. The important thing is to, kind of draw out that kind of preknowledge and make them realize that that, that their preknowledge is insufficient for discussing, let´s say activation of ionizing radiation in the health and energy etc. I think those two would be the most important things to address. However, I think, the second point is not too well worked out in the introduction of the unit.

Why not? Could you explain this?

I think, at the time of writing all this, 25 years ago like you said, maybe thirty, whatever, the ideas about…O.k. the idea about very specifically addressing students preknowledge was something, o.k. well o.k. you have to do that but…on the other hand it was quite easily assumed that what they did know was what they had learned earlier and if the topic of ionizing radiation wasn´t addressed before the idea was, well they know nothing. O.k. this is kind of a caricature but I think the interest in and importance in students´ thinking at least, at least for me or for us here, has come at the latest age but then maybe in a little bit different perspective, because o.k. it is important, it is important to know what students know an think about the topic which is usually addressed in the possibility to address what has been called "misconceptions", or kinds of "framework" or whatever. I prefer a more neutral name of the students´ thinking, because quite often they are not misconceptions at all, but o.k. that is apart from that. I think the importance is in…importance of relating to the students´ preknowledge is making them realize that with that knowledge they are not able to solve specific issues, problems whatever. So, that there is a kind of a, kind of induce of motivation to start learning the stuff we have supposed to learn them.

If I understand you in the right way: this was one function of the orientation phase.

Yes, but rather weakly, rather weakly worked out and if I had to do it again that would be, that would be a thing that would be far more prominent, prominently including this unit. Now there is some question I remember about, a question asking the students which kind of knowledge would you have needed, or so, something like that, which is the only thing that refers to that and which is pretty weak, difficult for students probably to answer and probably also not really very…well, o.k. let´s say the outcome of such an activity… I have my doubt about whether they, that would really motivate the students to start going into the "basic knowledge and skills" part of the unit.

Let me summarize first the function of the first phase: it is rather weakly the preknwoledge, that you focus on the preknowledge and that you motivate your students and to show your students where they have a lack of understanding, knowledge.

Yes, and if they, if they are able to formulate that for themselves, it is pretty logical to go on. And now it is a kind of, o.k. we had the orientation and we are going to do the next part. That is it.

The orientation also gives a short overview over the options in the third phase, or?

Maybe, maybe I´m not quite sure about that.

Could you please describe the procedure and the methods how this phase should be presented to the students in an ideal case?

Giving this unit?

Yes. For this unit.

How it should be presented. O.k. what happened mostly is that the teacher gives a, the teacher gives some kind of introduction, right and would probably use the questions or assignments that are in there, I´m not quite sure. There is some…I´m not quite sure what they are about, I have to look at that, there are particular situations o.k. that is about it, all right…this is all talk. O.k. So I guess, so I guess the teacher would use the assignments for a kind of a, for having some interactions with the students. I think, in the ideal case, given this unit, I would prefer a more active role for the students, so what I would do is introduce the topic and the relevance of the topic and then I would, about after five minutes or so, I would make, I would make small groups probably groups of three or something to do, to do the first assignment, because I think the first assignment is crucial, the first assignment about o.k. what kind of situation have you come across in which ionizing radiation was playing a role and o.k. deciding about what to do and I would stress, I think, the issue of having enough knowledge about the ionizing radiation thing and o.k. try to, by going, by visiting the different groups trying to probe that, so that the issue of preknowledge and knowledge still to be acquired would be more prominent before, when having finished the orientation. That is one thing and the other thing is, I think, but I´m not quite sure how that fits in, there has of course been since that time, I don´t really know if it is considerable, but there has been some research on students ideas about radiation and I would, to make this idea of, let's say lacking knowledge, let me summarize like that, to make that more prominent, so there are, o.k. let's say…maybe it, o.k. I´m not quite sure if I would do it like this, but one possibility at least would be to have some of the examples of questions used in this research and o.k. present them to students, which could either be done in small groups or in the class as a whole and o.k. having a kind of voting about whether the statement about radiation is correct

or not and then, what you will see happening in classroom is that, o.k. if you have one statement you will have two possibilities either it is correct it is not correct or o.k. don´t know. This tends to be, you tend to have three groups in the class also. So that makes it clear that students either don´t know, or do not agree about a correct answer and that also would give a motivation to, to start learning.

When we go 25 or thirty years back, what would you have recommended to me: Perhaps the student of mine has another idea of such an everyday life situation according to my topic and he/she wants to know more about this. How shall I handle this?

I´m not quite sure if I understand the problem.

There is another everyday-life situation a student of mine suggested.

Not addressed in the orientation.

No. How can I handle this problem?

This should be no problem, as long as, let´s say, as long as the orientation is concerned, it is not really a problem. It depends a bit on, it depends a bit on the kind of problem. So, as far as I know in the orientation there is giving a list of situations and you are suggesting that there is a student which has an additional situation. O.k. just add it, no problem at that point.

Let´s think about not only a situation, there are many, many students which formulate their own questions. How can I handle these questions?

So, they formulate their own questions in the sense, that they want to know more about…O.k. I really don´t see no problem there. O.k. they have their questions they are, they are related to the topic, so they just go through the next part of the unit with the basic knowledge and stuff and then there is of course always a possibility to address their own situation or questions during the options part of the unit, because we have three optional parts but there is nothing against it to give students freedom. O.k. they can choose between the three options, they can choose within each of the three options because they are quite long, so you can take a part but of it but you can also address your own situations and questions, no problem why that. The only point is that, but maybe that is easier nowadays then it was 25 years ago. 25 years ago we didn´t have any internet, so it was often very difficult for students to find appropriate sources and that means that as a teacher you had to be…you had to help them to find the appropriate books or whatever and that…o.k. for some teachers that wasn´t the problem, but for other teachers, o.k. difficulty with that, nowadays with the internet it is much easier, also you get another problem about the reliability or whatever but o.k. So, they could address their questions during the options part, as far as I´m concerned anyway, it is even better, because I´m not quite sure it is not in here, it is in the follow up materials, so after this, when we started making commercial stuff out of this and in the options part we are always include o.k. here are different, here are suggestions for different options, but you can always use your own research or design or whatever, question.

You often mentioned the previous knowledge of my students. In the 70th how was it possible to experience preknowledge of my students and how was it respect in this phase?

Sorry, what was the last one?

How was it respect in this phase? How was it put into this phase or worked with it?
The reason why I stressing the importance of preknowledge in the orientation is that I want to use it productively in order to establish some kind of knowledge need. If I don´t want to do that just tell the students o.k. well, this is what we are going to do whether you like it or not, whether you think it is useful or not doesn´t matter. We are just going to do this. I don´t have to worry about this preknowledge. The point where I have to worry about preknowledge is then during the basic knowledge part, because there in the assignments of these preknowledge and maybe weared ideas about what radiation is or not will come out into the open and I will address it when it comes up. I just have to know about that students might have such and such ideas in order to be able to recognize them when they say it. So that is, I think what was happening in the 70th, o.k. you teach, not even research but from your teaching experience you know that students might confuse radiation and radioactive substance for instance. O.k. after that they has been research on that and now they official know that they do that and that is easy because o.k. you don´t have to, you don´t have to just relay on your experience as a teacher it is very difficult to have all those experiences, so it is very useful to have that there but o.k. in the 70th it was…

In an ideal case who would dominate this phase?

Ideal?

Yes, in an ideal case.

Ideal case, I think the students would dominate guided by the material. So, like I said, the teacher kind of introduces and puts the students to work on a better thought-out assignment than there is now in the orientation and from that on the students are doing work. And n the end what the teacher has to do is a kind of collect the students questions, o.k. in order to be able to handle let´s say the practical situations that are given there or that the students bring up. We have to know about …and that is a kind of structure the teacher does. Anyway, let´s say that the questions for going into the next part of the unit are clear but like I said, o.k. it is a kind of, o.k. maybe domination is not…maybe I would say there should be an interaction between the teacher the students and the material in terms of the assignments. That should be very, let´s say coordinated.

What should be achieved at the end of this phase? Or when would you have been happy as a real PLON teacher at that time?

Like I said, at that time it was mostly a teacher dominated thing. So as long as, as long as, let´s say the word why and how of the topic was cleared to the students and as long as they had some idea well, maybe we don´t know everything about this so o.k., then that was enough.

So, o.k. let me summarize this: after the beginning of such a PLON unit your students should tell at home: Now we are working on the theme “Ionizing Radiation”, we will work through this and this and this and I´m interesting in this.

Yes, that is it. Think that is what, I think that is what the ideas were at that time. What ideas are at this moment o.k. I have said something about it. I would like to have them more, far more clearly: What kind of knowledge do we need in order to tackle these situations? And why do we need that? I would like to have that more prominent, but o.k. 25 years ago this was quite enough.

When I want to come from the first phase to the second phase there is the basic question. How does the basic question results out of this orientation phase?

What was the basic question? Oh, many of them, so let me see…Yes, central acceptability of application of ionizing radiation. So, let´s say the acceptability of application of ionizing radiation is a kind of a basic question, I think and in order to say something sensible about that we need to know where the radiation comes from, properties, measure, what effect etc. etc. What I would like, I think this is the basic question might roughly be o.k., but what I would like is that these questions dealing, let´s say with the, with the basic knowledge, o.k. They are a kind of summarizing the basic knowledge and skills part of the unit which is coming. I would like at now, this present day, I would like to have these questions come out of the assignment about these activities.

So, thirty years ago it was formulated by the teacher?

Yes. It was formulated in the material, so it was formulated by the teacher. And that is what I would like to be different.

So, after this phase we have the phase "basic information and skills". So, when I want to teach this unit, monday morning "basic information and skills" what are the most important aspects to consider in the second phase?

I don´t know…well, of course, but that should be no problem, if in the orientation is said well, this is a kind of information we are looking for, you should be, you should make sure that those aspects of the central questions are addressed in that part of the unit. O.k. that is one. Second. But, like I said, that should be no problem, if the developer puts these questions there then they are supposed to be in there. O.k. second thing to consider is the students ideas about radioactivity and radiation. And the third thing, I think, is a kind of a variation in ways of working because this is all text and assignments and this goes on and on and on, it is quite long.

Could you be so kind to point here, in this phase where the students´ ideas you just told me, are integrated?

They are not.

And what about the change of activity you mentioned?

There is not really a change. Like I said it is all text and assignments, which is pretty much like an ordinary textbook, I think.

So, what was the goal of a PLON teacher or a designer thirty years ago for this phase? What was the function of this phase for a designer or for a teacher?

For the teacher. Well, in the orientations you have set some questions and the function of the next phase is to get answers to those questions. Nothing more than that.

And how does this phase results out of the preceding or better out of the subsequent basic questions? I answer now the subsequent basic questions?

Yes.

What is the connection between the content of this phase and the option part of the unit?

O.k. in the orientation there were about twenty rather different practical situations in which it might come to deal with ionizing radiation. Out of that come a number of questions they are addressed in the basic unit part and then…o.k. this basic unit, basic knowledge and skills, this basic knowledge is supposed to be rather general, so it should be possible not only to apply that to practical situations but it should also help to understand these practical situations better and to make an informed decisions or reaching a more informed opinion or whatever about issues dealing with application of ionizing radiation as already in the orientation part of the unit.

So, I don´t know if I understand you in the right way: the function of this phase was, that I answer the basic question I as a teacher formulates before and now I present basic information and skills the students will need to answer these questions.

Yes, to answer these questions, right, with the purpose of applying it in the options, in the practical situations, yes.

Could you please describe the procedure and the methods how this phase should be presented to the students in an ideal case thirty years ago?

Thirty years ago. I think, what happened, what was supposed to happen thirty years ago is that the teacher kind of presents the knowledge, a kind of gives an overview, relates to students´ thinking about that like I said, the confusion between radiation and radioactive substance whatever, when appropriate and then says the students, o.k. now I want you to, I want you to, after having giving this overview of chapter two, I want you to read through the chapter and through the assignments whatever, whatever and then in the next lesson we can discuss any, any assignments or questions that were difficult or whatever. I think, o.k. that is the way it went and that is, I think the way at that time was quite acceptable.

Perhaps we can make a short summarize from the interview now. Could you perhaps only summarize how this first phase was structured and from whom dominated and this phase and how can I come from one phase to the other?

As a teacher. Well, that is not very much a problem, because…pretty simple…not quite sure, but I have to see what this is about: properties of ionizing radiation, o.k. chapter two is about the properties of ionizing radiation, o.k. that is the second question here, what are the properties of…o.k., so chapter three ionizing radiation and men: o.k. this is about, o.k. this is about the effects of radiation whatever, so that is the way a student, a teacher, I´m not quite sure, perhaps find another example, but that is the way, that is the way the teacher did it a little bit. So, o.k. have a look at page four of the unit and there we see these questions we have to address in order to be able to…now o.k., now let´s see, o.k. we are going to, we are going to, we going to find the answers to these questions in, o.k. this question in chapter this, this question in chapter that…o.k. and that is it and that is the connection.

And when I start with this unit as a teacher, thirty years ago, I will present the…No, first I would give an overview over the different aspects of this issue and I will try to motivate my students with my presentation of the theme. Did I understand you in the right way?
Yes.

And after this I talk with my students about these different aspects of the theme and perhaps they have their own questions and so on.

Ideally, of course, these different aspects would come out of one of the earlier assignments, but I´m not quite sure whether that will work.

So my students will work through the assignments and then perhaps my basic question comes out of it, but normally I will formulate the basic question. So the first phase is very much guided from me as the teacher?

Yes.

And after this I will go into the second phase and present to my students the knowledge they need to know.

Yes.

What would you have recommended in the 70th to embed the basic information and skills in a context, in a context you have mentioned before, and develop them together with your students or rather introduce them and independently from a context?

What I would do in that part, I´m not quite sure whether it is, probably…o.k. what I, what I would try to do is to make some relation with the variety of let´s say practical situations out of this context but not too much. And I think, that is what we have been trying to do, I´m not, I´m not quite sure I have to, I have to look at the unit, but o.k. this part is pretty, pretty straight forward, I think, o.k. not really related…quantities, as far as I can see pretty much, pretty much…just the physics also it is some of the examples you can see some kind of let´s say practical situation, health radiation I see here o.k. something, but…O.k. let´s say the, o.k. here about dose and effects, let´s say just the physics but o.k. in the assignments there is a possibility to relate that practical situation like these done on using animals for testing and whatever. And, as far as I can remember this was done quite on purpose. O.k. I´m going to this because this is still also the basic knowledge and skills part, I think here, o.k. here at… here we start with a kind let´s say of preparing the options, so here the context comes in more prominent. O.k. I think we have made this distinction on purpose, because in…our experience is that o.k., this is for preuniversity students, so these units are also meant to prepare them for their final examination in half year, two years time. And during the final examination they are supposed to know the physics and I supposed to be able to apply it. And, let´s say, if you are…O.k. Applying can be two different things, o.k. so you can know, you can know about how to calculate…o.k. you know the definition of radiation dose and you have to be able to apply that, that means that you have been able to calculate a dose in a specific situation which can be, which in principle can be nothing more than writing down the equation, put in the appropriate numbers and calculate what we have at the end. That is pre bare. But, o.k. you might also be presented with a situation in which there has to be, there has to be a diagnosis which has to be done by some, with some kind of radioactive isotopes but there are different isotopes to be used and now, o.k. you tell me which one is the best, where the radiation dose is one of the aspects to consider. O.k. that is far more difficult. And our experience is that if we mix the physics, let´s call it like this, and the context too early students get confused. They themselves are not really able to separate those two. They don´t know what they have to learn for the exam. And, o.k. I´m not quite sure whether we had that, that idea so very clearly 25 years ago but there was an idea, o.k. if it is…if the

physics and the context are presented together and integrated all throughout the unit students are having difficulty with…o.k. I think that is the reason why we make the separation of basic knowledge and skills there are some context coming in but not too much and mainly during the assignments and then o.k. Now having clear this, this knowledge about radiation, o.k. now let´s go into the context in the optional part, now, let´s use that in different contexts in the optional part of the unit, I think that is it. But the idea was probably clearity for the students and the function of these units also preparing for final examination.

If I wouldn´t have enough time for all these contents mentioned here, whhich is perhaps negligible? Why and what cannot be left out?

Well, the problem is that nothing can be left out. No, because this one just covering the examination program. Pretty simple and of course we had, we only had a limited number of schools working with this material because our task was to modernize and update this curriculum and in order to be able to do that we had to, we had to skip part of the existing examination program and we had to add other stuff in order to see whether it would be feasible to do that or not, so we had, we need space for experimented, so we had to work with a limited number of schools who got an adapted final examination, but we had to state, let´s say our own examination program and this unit covered that and which means that at least, I think, chapter two, three and four so until the options should be covered.

We always talk about "skills", "knowledge", "basic information" and in some articles written by you about PLON it is also mentioned the word "concept". Would you be so kind to mark the concepts here in this unit?

The concepts. That will going to be a problem, I think. Depends on…let´s say the important concepts then. Well, I think, o.k. (→ marked some examples in the unit)…These are assignments, so I can leave this out. Things like that. Those are the concepts. However, I can point out a number of concepts but the part is that concepts are always related to other concepts, so it is a kind of a network of keyconcepts that, let´s say describe the knowledge.

That leads to my next question: "Knowledge", "skills", "concepts". What shall be achieved at the end of this second phase? "Concepts", "skills" or "knowledge"? How can I differ these three words in their meanings.

In the end, I think students should be able to, let´s say put all the…should be able to relate all the concepts that I have been starting to mark in here, because they are all related and they should be able to build a picture in terms of what is it called "conceptnetwork" or whatever. I think, that is the idea, that is one. So, they should know how, what the important concepts are, how they are related, how if applicable, how they can be calculated and they should be able to use it in, use the network in relations to, in problem-solving.

But what is the difference? You talked about "concepts". What is the difference to "knowledge"?

"Knowledge" is a, "knowledge" is a rather broad term, like I said. They should…so the knowledge is a number of things knowing what the keyconcepts are, how they are defined, how they are being calculated, how they relate to all the other stuff o.k., that is the "knowledge base" let´s say. "Skills", o.k. they are, o.k. because it is a "knowledge and skills" part, the skills, o.k. we can think about two things. Using the knowledge base in problem-solving in…can be a skill, so then the skill is a kind of, o.k. let´s say systematically

use your knowledge that is one skill, the other skill is perhaps for instance could be experimental but for this unit this is a bit of a problem but o.k.. Another skill I could think of at this moment, not 25 years ago, but at this moment, modelling, making models of the process and whatever, that could also be a "skill" but that is not in the unit but o.k. Let´s say "knowledge" and "skills" in this unit is conceptnetwork and problem-solving, that is it, as far as the basic knowledge and skills part of the unit is concerned.

We talked about "concepts", "skills" and "knowledge" and now a more practical question: What would a student write on a grib or on a "spiekbriefje"?

On a what?

"Spiekbriefje"?!

"Spiekbriefje". Oh right, o.k., yes that. A "Spiekbriefje". How is that in german?

"Spiekzettel".

O.k.

Quite similar.

Yes, quite similar. The student would, as far as I know students doing that…What they would do is write down all the equations in the unit.

Equations?

Equations! Let´s see formulas, whatever, whenever they are there. Perhaps, o.k. like…see if I can find here a clear example…maybe somewhere…or not…there are not…this is strange because… I had the impression that…maybe not in this unit but…O.k. I had the impression that…there are a number of, there are a few formula…I will write it down what I was looking for: So, let´s say the activity of a radioactive substance at this moment is what it was additionally and then half and then to…and dose would be the energy adsorbed divided by mass and then the effective dose would be…because this, stuff like this, is normally in the textbooks about this topic and is also in the current examination program and I had the impression that they were also in here, but they are not, but o.k. they are, but they are hidden and I think, o.k. that is something you can talk about with Harry, because when we have to translate our experiences to PLON project into, o.k. what consequences does this have for a new examination program these kind of formulas came in, because actually they are in there, but not expressed like that. O.k. so, o.k. but now, to go back to your question, o.k. what the students probably would do is write down the definitions of concepts. The definitions of concepts like activity, half-life, dose, effective dose etc. maybe also, let´s say the properties of the different kinds of radiation, stuff like that. But it has to be pretty short for this. So these formulas are much easier for such a thing.

So we are now at the end of the second phase and for you as a PLON teacher, what would be a good second phase for you as a PLON teacher?
Like I indicated earlier, a good second phase would be that, if I say to students, which is not done in the unit, but if I would say to students o.k. make a concept-network of chapter two, three and four, that they would come up with something that might be different from student

to student, but would make sense. In the sense that they took the keyconcepts put around relations between them and so on.

Was this also a goal for a PLON teachers in the 70´s?

Yes, I think so. Well, not in these terms but. Making this concept-network is a kind of a tool to see whether the students have got an overview of the unit. A tool which was not known to me at that time. Otherwise I would have used it, but…For the teacher at that time, I think, it would be enough that students could answer questions about let´s say the definitions about keyconcepts, could tell the characteristics of the different kind of radiation, would be able to relate to three concepts would be but o.k. but then I have to look at it again, would be able to calculate, to do some simple calculations with these forms are hidden or not but o.k. that would be…simple calculations…yes o.k. that would be it for the second part of the unit, but we have not finished yet.

The third phase: options. What would you have recommended a teacher at this time, what are the most important aspects to consider in the third phase?

The third phase, I think, means that students are going to expand their knowledge about radiation with elements of the different contexts, in the different options, so in one way they are going to expand it, in the other way it is limited, because o.k. it is one specific context in which they use their knowledge. O.k. apart from that the…o.k. you could they that they are asked to apply their knowledge in more complex context-type of situations in which all kind of, let´s say, additional factors come in. So you can know quite a bit of radiation but deciding in, let´s say, a health context whether the application of…the kind of information that application of applying radiation can give for a patient or a doctor is quite something else. There are also, not quite sure if that is already the case in the unit, I think so a little bit, you have to deal with a kind of decision making situations. I think, the example I gave before we have to do with the diagnosis of what so ever, we have two isotopes, o.k. which one will I going to use and why. And that is far more complex then what they have encountered before.

So, let me try to summarize: the function of the third phase is that the students use the knowledge we as a teacher presented to them in the second phase, that they use it in a decision making process in context. So the students work independently…

…or in groups.

O.k. but with a not so strict teacher guide.

No, no, no option part is very much student guided like I said before. First they can choose the option or they can choose for something they have thought out themselves. They can make choices within the option for instance they can in the health part, they can focus on diagnostic stuff or treatment stuff whatever they can do all in this part. O.k. it depends a bit on what the teacher expects from them, but anyway this is the phase in which students are supposed to have quite a lot of freedom. They can choose what they do, differentiation of interests and whatever. So that is pretty much student guided.

But what is the connection or how can I come from the second phase to the third phase?

You mean as a teacher.

Yes.

O.k. my idea would be o.k., after chapter four, whatever it is, when we have dealt with phase two, I would, as a teacher, go back to the orientation, look at those questions, that were supposed to be addressed as a result of the earlier assignment about practical situations and then I would say, this is what we have done now, why did we do that? Why did we try to find answers to those questions? In order to be able to better understand or do a more informed decision or opinion making in practical situations. O.k. so now it is time going back to the practical situations. Let´s see if we with this knowledge can tackle a practical situation dealing health, with energy or with weapons or whatever.

When we now think from a students´ point of view: from the beginning to now to this phase what do you think about the motivation of the students from the beginning to this phase?

Well, like I said earlier, if the practical situations dealt with in the orientation of the unit, trigger these questions about let´s say the knowledge, the necessary knowledge about radiation and, o.k. here it is stated in the unit but ideally I would like to have them come out of the students, then my idea is that students will be motivated to go into phase two at least more motivated than if I just ignore the first phase and immediately start with the second phase, which is normally done, I think, and after finishing the second phase, if I remind them: why did we do all this, in order to… I think, that also would be motivating for the students. Or there might even be a question in the students mind a kind of we have done all this, we have done this with a specific purpose, now let´s see if that works.

So the function of the third phase is also to show the students that they can work and make decisions with their knowledge they learned before?

Yes, like suggested in the orientation of the unit.

What is your favourite option?

My favourite option? No, I don´t have any favourite option. Students have probably.

And which one?

"Health" is the favourite option for girls, "nuclear weapons", at least at that time, was a favourite option for a very small proportion of boys, the nurt type of boys, I think as far as I can remember, "Energy" I am not quite sure, Harry Eikelhoff would know more about that. But as far as I can remember the health part was favourite and as far as I can think of, because we have been talking about teacher. Every student worked on different options so working small groups during a longer period of time, all students do different things that was something that teachers were not used to, maybe they still are not, but that was new and of course there were teachers who said o.k.: I don´t think I will be able to deal with that. So what will I do? I will skip the "energy", skip the "weapons" and we just do the health and we do that like we did it in the preceding part. That are also things that happen, but o.k. no problem. You should not force a teacher to do things that he thinks he won´t be able to manage and like I said we working with a small group of schools, so we had regular meetings with teachers and then the teachers told each other how they have dealt with the unit and of course and then a teacher was afraid of giving students this freedom, but they heard from other teachers how they worked with it and how that went and that also gave them some kind of, let´s say practical guidelines and some confidence, maybe next year I can do it differently

but, in initially there were, as far as I can remember, quite different approaches to that optional part of the unit.

Perhaps we can look at this example of the options: “Radiation and health care”.
What concepts are in this part?

Properties of the different kinds of radiation, half-life and dose, I think, these are the main, because properties of radiation relate to the choice of isotopes. If you have a…you need to know about properties of radiation, because it depends on the application. So, if it is diagnostic you have a radioactive isotope in your body the radiation has to get out in order to be detected, which means that you have to use a gamma-radiation. But if it is for treatment, the radiation should stay in a small part of the body which has to be radiated so then it would be alpha, so things like that. You need knowledge about the properties of the different kinds of radiation in order to be able to say which kind of radiation would be needed in a specific situation and then o.k. of course which isotopes you have to use, they have to be at that kind of radiation. Dose. I said something like half-life and dose. O.k. for instance you need gamma-radiation, beta, are quite a number of isotopes who emit gamma radiation, some of them also probably emit alpha and beta, so you wouldn´t want to have that, but even then you still have a choice and the idea is, o.k. if it is diagnostic you have to keep the dose as low as possible but you also have to have a pretty high intensity in order to be able to measure something. So, let´s say the initial intensity is related to half-life, the shorter the half-life is the higher the intensity, so the less you have, so the less of that stuff you have to put into the body. So, let´s say, reason with the relation between those different concepts in those practical situation becomes very important.

How shall I guide this phase as a teacher?

Guiding is of course difficult, because if you have a class of thirty students and you have students working in groups of three, you have ten groups and you have to keep track of what students are doing. You just try to follow as much as possible what is happening in the different groups, sit there you can also try to control that process: so o.k. gives students time to have an orientation, what is this health stuff all about, and then ask the students to formulate a specific question or a specific topic that they want to address and then talk with them about it. So you have a kind of control about what the students are doing then. But keep in track of what are ten groups are doing is difficult, so you have to leave that to the students for a pretty large part and you have to have some confidence in that students are going to do that seriously.

Please explain how this phase results out of the preceding one, out of the former one, the part of the unit the second phase and the first phase. How is this phase connected with the former ones?

Well, in the orientation phase students have come across practical situations and o.k. these practical situations here are dealt with far more deeply than it could have been done in the orientation phase, because of the knowledge they have, because of the knowledge they have extended in the second phase.

And how is the content of the second phase dealt here?

Like I said, the keyconcepts I mentioned, let's say for this health part, were all coming out of the second phase. Characteristics of the radiation, half-life, dose etc. etc. they are all in the second part and they come back here in far more complicated situations.

And the students can use the "spiekbriefje" they wrote in the second phase here?

Yes.

What is your goal as a PLON teacher students should have achieved after the third phase?

First of all they have an idea of the collection of practical situations in which radiation is applied. They also have an idea about, let's say the questions that have to be addressed in such situations like I said, which isotopes, why, how much of it etc. They also have a better idea I think about, not only about the application of radiation but also a better idea about the safety aspects because, o.k. the safety aspects for the patients as well as the staff, doctors, nurses whatever. The third thing would be that they should be better able, limited probably to that context, to use their, the knowledge from the second part of the unit in a more complex problem-solving. That is it, I think. Fourth point is that, that is also part of the options-part of the unit, that they present their stuff to the other students, which means that they have the opportunity of learning how to present and they have the opportunity learning from the others in class about the context that those other students addressed.

So, what is the bridge between the third phase to the fourth phase "broadening and deepening"?

We have been talking about that.

When I think my students would say: o.k. now I know that the knowledge I have learned is very important for dealing with these problems. But what is the motivation to come from here to the fourth phase for the students?

Fourth phase. Let me see what it is about. Well, I´m not…O.k. we have to look at this "broadening and deepening"-aspect a bit further, but o.k. I will leave that aside. If, during the optional part of the unit, you have learned to apply the basic knowledge from the second part in context type of practical situations, you have been dealing with, how do we call this, you have been dealing with…not sure whether I can find the right words, o.k. you were dealing with for example decision: which isotope, which radioactive isotope to use for this specific application, which is a rather limited decision making situation. So what the final part of the unit is trying to pull that a little more broadly, like o.k., in the optional part the use, let's say the use of ionizing radiation in specific situations is kind of taking for granted. But one can also consider those situations more broadly in terms of "risk and safety". So, o.k. is ionizing radiation the only alternative? Are there other ways to do it? Is it necessary? And of course…I sit necessary? What are the risks involved? How can it be made more safe? Whatever. Questions like dose are probably a bit different for the three different or whatever contexts that have been addressed in the earlier part. But o.k. …Let's say the final part of the unit tries to put, let's say the use of ionizing radiation in a more personal and societal perspective which can already be a part of the options but o.k. a part of it, which is then kind of worked out in the final part. As far as I can see, I'm not quite sure but…o.k., so let's say, as far as I´m looking at the assignments here in the last part…o.k. this one here is about evaluation of personal risks, but if you look at the situations that are here, there are a kind

of covering all the different context areas, but o.k. let's say in the final part of the unit we are looking from a more general perspective to the different contexts.
Another question, when we think about the concept level. At the beginning you mentioned that thirty years before it wasn't so accepted or I don´t know to know the preknowledge of my students.

Yes.

O.k. at the beginning the students have their own concepts but o.k. you don´t really respect these concepts at the beginning, or?

I wouldn´t say that.

But how were these concepts integrated into the first phase?

Sorry, o.k.. We didn't pay very much attention which is different from I think, it was one of the words you said, "respect". O.k. we didn´t pay any attention to that in the orientation part of the unit, that is right. If you say, if you call that…we did not consider, was that the word? We did not consider, yes, o.k.. But now what was the question?

That was at the beginning. Now I´m coming into the second phase and I as a teacher presents concepts to my students. Then comes the third phase and the concepts are more broaden and deepen for students, I think, or?

Yes, because you have to apply them to a kind of more complex…you have to apply them in contexts which asked for…o.k. you asked to use, you asked them to use these context to get a better grip of more complex realistic or whatever practical situations.

And the complexity of the concepts…?

The complexity is not in the concepts, the complexity is in the context. The context, o.k. given a situation in which ionizing radiation can be used the kind of radiation, the isotopes you are using whatever, whatever, is more or less defined by the context, by the practical situation. So the context puts all kinds of demands and limitation and whatever into the use of radiation which makes it more complex.

I don´t know if I understand you in the right way: The context gets more complexity, gets more complex, but not the concepts. The concepts stay as I introduced them in the second phase.

Half-life is half-life. The point is…o.k. half-life concept is the time half of the radioactive substance is decay. That is the concept. But this concept of half-life comes into the context of medicine and in the context of energy. Half-life in medicine is something to consider in the case of, the example I gave earlier, diagnostic treatment. We need to have an isotope with a very short half-life, because then the intensity in the beginning is high and we can get a clear picture but it is also very quickly worked out. So, if we had an isotope the higher the shorter its half-life the less we can, we have to put into the patient and the less the dose the patient will get. So that is, that is where half-life comes in. But in the case of "energy" half-life comes in at the moment that we have to deal with nuclear waste and then we just see that…o.k. well, all this nuclear waste produced has, all these different isotopes had different half-lifes, but o.k. take them all together it takes a period, o.k. I don´t know how many

thousands of years, and then the question is, is there, I don´t know whether it is addressed there in the unit, maybe not yet, but then the question is, o.k. what can we think of, can we think of a way to reduce half-life of this waste. That is a completely different question but they are both dealing with have life and both exactly the same concept but by using it in a…the same concept appears in different contexts and has a not a different meaning, because it is still the same concept, but, I don't know how to…I don't know, it is very difficult to find a word for that, but let's say the context triggers different questions, I think and different answers. And it's…and therefore it is also, it could also be to have students see those differences when they do their reporting about what they have been doing. Also if you want to do that, which is quite difficult, you probably have to do that as a teacher, don't think students out of themselves will see that kind of things, but…What I want to stress anyway is that the physical, let's say the physical, let's say the physics concept is functional in different contexts within a different, in a different way probably, but it still is the same concept.

You mentioned that in the last phase, we would go back to the questions at the beginning with the sub questions and so on. What is the function of the starting questions?

The starting questions, pardon?

The basic question.

Oh, the basic question. I still have to see what the basic question was in anyway, something to deal with the acceptability, the acceptability, where is it, here? Central to the theme is the acceptability of application of ionizing radiation. So, what we have done so far is learn about the applications. How is it done, why is it done etc. but before you can talk about the acceptability you have to know what the application is. O.k. that is the idea. So the acceptability comes in the last part of the unit, after you have seen the applications.

The last part of the unit is called "broadening and deepening".

Yes. We have to talk about that, because I´m not quite sure about that.

I don´t know in the view of the concepts, how does this phase broaden and deepen these?

Sorry, again.

In view of the concepts, how does this last phase broaden and deepen these concepts?

How does these concepts come in? Not so very much more, I think, as far as I can see. You have to talk to that, I think you have to talk to that to Harry about, you have to talk about this with Harry, because maybe he has more ideas than me but if I look at the suggestions of questions to consider, o.k. it is asking about what are the advantages to you personal, the advantages to others, risks, personal and shorten long term risks to others possibility of reducing risks, alternatives. I myself I´m not so sure, for this unit anyway, I´m not so sure how these concepts form the second phase fit in here. That is pretty easy, if I take, let's say evaluation of personal risks, you have a broken leg and it is necessary to have a x-ray. You can say: well, x-ray radiation safety it is for myself? O.k. I´m not going to have that. Then so what, what is the alternative? Now, the only concept that came into the answer is, probably would be dose. And what might come in is o.k. students at this state of the unit have an idea about how high this dose is, how this dose, how high this dose is compared to the annual radiation dose coming out of the sky, earth etc. So, you can say well not really very

much, o.k. no problem let's do it, but on the other hand even if the dose would be higher without having a x-ray you will run the chance of not being able to walk probably during the rest of your life, now o.k. how does, how does knowledge about radiation come in here? Questionable, I think.

Just one question back to the "spiekbriefje". Do you think that the "spiekbriefje" would change during the unit? The students wrote the "spiekbriefje" in the second phase and then I go into the options part and now I´m here in the last phase. What about our "spiekbriefje"?

My first, my first reaction would be that the "spiekbriefje" is finished after part two.

So, I have learned everything, now I can go in the context.

There students learn, they learn to apply those concepts in a more complex real-life situation. So, they are still learning but they are not learning more about these concepts. They are learning more about the context in which these concepts function.

Would you be so kind to mark the context in this unit? Where is the context?

In the options anyway.

The three options are the three contexts?

The three options are the three contexts but contexts are also in the first part, are also in the first part of the unit, when we have this collection of practical situations. The practical situations are indicating a context.

What do you understand as a PLON teacher by a context presented to the students?

A real-life situation in which the physics knowledge and skills are functional for problem-solving, decision making.

What are then good criteria for a good context?

Maybe it is not a matter of criteria for a good context, I think, o.k. well, maybe it is, it depends on how we look at it. A criterion for a good context is that there is…A good context is a context in which, let's say traditional bare physics knowledge is functional for problem-solving and decision making. That is the shortest one I can give.

Is a PLON-unit like this a typical context based approach or is it rather a problem-solving approach? Why is it a context-based approach?

Because in the orientation it starts from context-related practical situations, so it is context-based and these practical situations come back to be dealt with far more deeply, near the end of the unit, after the necessary knowledge to address those contexts more deeply at being acquired. So, I think, but o.k. it is one way of dealing with contexts there are also different ways of doing it but, o.k. the way we are doing is o.k. start with a context, in terms of these practical situations students might come across from that it becomes apparent, o.k. hat could become better, that we need some specific knowledge, o.k. we going to extend this knowledge and then see if we can tackle the practical situation or the context or whatever more deeply and better. So, we start with a practical situation, o.k. now in general terms, we start with

contexts we deal with the relevant concepts and we apply them to the contexts and then in the end, o.k. we try to look back on that in more general terms or whatever, like it is done here. So that is our way of, that is our way of dealing with the context and concept.

And I think, that was a good conclusion and thank you so much for that interview.

C. Second interview with Koos Kortland

Let us try to think 25 years back again. Imagine you would be the leader of a teacher training. The aim of this training is to prepare the teachers for teaching such PLON-units. Minding the general format of a teaching unit, this one here, like you have drawn it in your article. Please try to make a design of the connections between these phases and please explain it to me as a teacher in your audience.

I would need some time to prepare for that, I think. I have to do it very quickly. In the first phase, which is about the orientation, which is the orientation, we show, we gave the students an idea of what topic we are going to deal with, which is pretty clear we going to show that this topic relates to…We are going to show the students that this topic could relate to everyday life situations they might come across and we are going to tell them what we are roughly going to do now. That is one of the things that in the first part would be very important is that students get the idea that they already know quite a bit maybe about the topic of ionising radiation but that there are still things that could be learned which we do in the basic knowledge and skills part mainly dealing with characteristics of ionising radiation, activity, half-life, absorption etc. Where this part would overflow into an optional part where the students can apply that extended knowledge about properties of ionising radiation to different, to three different contexts, meaning health context, energy and weapons. They do a reporting with that. The idea is that the reporting the students do about their option would be functional in the conclusion session of the unit where we are going to look back again to the practical situations that had figurating the orientation phase of the unit. That is what the shortest way I would introduce.

So, if I understand you in the right way there is a direct connection from the orientation to the second phase, from the second phase to the third phase and from the third to the fourth phase.

Yes.

And from the fourth phase back to the first phase.

O.k., yes, there is a kind of relation there, yes.

And somewhere else? Are there phases also directed in this form, that I have a direction from the basic knowledge and skills part back to the orientation? Or is it only a direct way down?

Well, I think if, if in the orientation let's say the knowledge that has to be acquired or extended is clearly defined it would be a good idea to look back at that at the end of the basic knowledge and skills part so o.k. let's see what have we learned in chapter two till four and does that match with what we said in the orientation about what we would have to learn.

And what we would have to learn, what you mentioned were the basic question and the subquestions?

Are the subquestions, yes. They were mentioned there. Yes.

And in the optional part I will always need the basic knowledge and skills I have learned here?

Yes.

So here is all this back.
O.k. if you…also the problem is that it is probably more difficult to reflect on that, because students are different things and they are working in groups and you have no full-class discussion you could probably, you could probably bring it in as a teacher attached to the reported session, so if you have a group that is giving their report and you can as a teacher you can if necessary you can led a link with what they have been doing and the basic knowledge and skills part.

Before I would like to focus on the fourth phase, could you please explain how the fourth phase results out of the preceding phase?

Sorry, which phase, what?

The fourth phase. How this phase results out of the preceding one.

Well, as far as I remember the practical situations in this last part of the unit all deal with situations kind of related to what students have been studying in the options. The only point is that in this last part the focus is more on, o.k. the focus is more on acceptability while in the options itself it is just o.k. what are people in a certain context doing with radiation, why are they doing it, what, how does it help, whatever how much is the dose I get, how are they protected etc. etc. So more kind of a factual content and in this last part the focus is shifted to acceptability.

So to the basic question of the unit.

Yes.

So there is a relation from the fourth phase back to the third phase. But I really can´t see the connection to come from the third phase to this phase. It is not really…I don't think…it is not really motivated for the…

You might be quite right in that.

Let us focus on the fourth phase to describe the procedure for teaching this phase. What are the most important aspects to consider in this phase and what is the function of this phase?

We are talking about this, the last one?

Yes. How shall I, as a teacher, present this phase to my students?

O.k.. During the orientation…I'm talking to the students now:
"During the orientation we have looked at a number of practical situations, which you might come across, so ionising radiation. There has been a question about decision making whether or not to have an x-ray, whether or not to take part in the ionising radiation practical stuff and other examples and the main question of the unit was what kind of is…are such applications acceptable or not. We have discussed…or from the discussion of these practical situations the conclusion was, o.k. we have to know a bit more about radiation and we have done that now, so now we are going back to the practical situations and see if we

can say something sensible about acceptability with the help of the knowledge that we have acquired about radiation so far."
That is what I would roughly introduce, about any thinking.

That would be the motivation you would present to your students. And what about your activity as a teacher? What was the activity of the students in this phase?

They, o.k. I'm not quite…I'm not…I´m not sure about that, but I guess there are some tasks in there which have a, as far as I can remember, which have a decision making aspect. So, o.k..

And coming back to the concepts presented to my students in the second phase. What is the role or function of these concepts in the fourth phase?

They should be in one way or another functional. I don't know where they really are but they should be, o.k.. That one, o.k. like I said, these idea about the different phases being related and one logically following out of the other and being connected, o.k. at some place it is, some places that fits and in other places o.k. you can have serious doubts about that. That goes for the beginning and the end. I think this part basic knowledge and options is o.k. rather coherent but like I said, during the orientation, that was from the interview, the orientation in a number of aspects is pretty weak. And I think you could say the same for the last part of the unit. O.k. there is a wake relation with the basic knowledge and skills and the options but what the relation exactly is, o.k. that is a bit questionable, still. So that would be, I think, those two would be the two main points for revision if I had to revise that unit now.

What was the function of the last phase thirty years ago?

Function of the last phase was going, like I said, going back to the situations…o.k. let's try to put it as simple as possible, in the orientation we started with a number of practical situations which trigger all kinds of questions about radiation etc. etc. and the function of the last part is take exactly the same situations and see if you can tackle them better with the help o the knowledge that you have acquired in between.

But what was the role of the options then? The role of the options was that you have only one situation?

The role of the options is that all these situations in the beginning kind of deal with the…kind of a generalized context in which these, these practical situations of the orientation fits in. So, for instance, one thing in the basic knowledge and skills…o.k. having an x-ray and we have to decide about, we have to decide about acceptability, o.k. one of the things is, how many radiation does your body receive? O.k., well, we don't know, o.k. that is the question. "How many radiation" is a bit wake so o.k. that in the basic knowledge and skills part that turns into the concept dose. O.k. then we know the concept dose, we still do not know how big the dose is when taking an x-ray. O.k. that is in the health option. You will find information about that. In the basic and skills part we have also learned about background radiation, dose etc, so after having the basic knowledge and skills part and the options, students know that the question of "how much radiation" o.k. then we have to look at the dose, we know how much the dose is for having an x-ray, we can compare that with the background radiation and we can therefore make some kind of an assessment about how acceptable taking an x-ray is.

So the last part is more general than the optional part.

Yes.

Let us think…you always mentioned the motivation of your students, or how to come from one point to another. Let us think about the motivation of our students in the learning process of such a unit. Could you try to describe the development of the motivation or the motives of your students from the first phase to the end of the unit?

I´m afraid I´m going to repeat. In the ideal situation…my problem still is that it is impossible for me to think 25 years back without taking into account what I have been doing in between. 25 years back, o.k. ionising radiation, safety issues, health issues, o.k. I think students are pretty motivated to learn about that. I think also they were motivated for learning the basic knowledge and skills in two different ways, one: for them it was pretty clear that it was a…it would be part of the examination, so that is external. And on the other hand maybe from the questions that came up during the orientation they might have something, yes, o.k. that is difficult to decide about such practical situations without knowing somewhat what about it. Then for going in the options that is quite…there are other motives playing a role, because it gives the opportunity of some differentiation between different interests so o.k. you might be interesting in health or in energy or whatever, so that is a bit of a different, a bit of a different motiv. And after that it is getting a bit, it is getting a bit confused that depends on, it depends strongly on how the teacher is able to relate the last to the first phase, but anyway if you introduce that probably in the sense that o.k. in the orientations we had a number of practical situations in which we couldn't decide, now we have our knowledge, let's go back to the situations and see whether we can use our knowledge to make this decisions, o.k. that would be motivating for o.k. maybe another part of the students.

If I understand you in the right way it was merely a motivation which came from you as a teacher, because you present the motivation to go to the next part to the students, or?

Yes.

Would you agree in this point?

Anyway, motivation in the sense of explaining what we are going to do now and why, that is in my view is, if I look at this unit anyway, is part of the teacher. But I can engage the students in that, because after this reporting session for instance or maybe after which we could also maybe skip, I don't know, let´s say after reporting session I can ask, I can put the question to the students now o.k. we have done, we have learned all this basic knowledge now we know how that is applied in different context but can someone tell me why we did this? O.k. then you might hope that some student remembers that six weeks ago we had come to the conclusion that there are a number of practical situations which we couldn´t solve with the knowledge we had at that moment.

But it is only an idea of mine, when I studied your article:
In view of the motivation of my students wouldn't it be better to have an orientation and then only if I concern motivation to go then first in the options part because they are motivated to deal with concrete problems, so when I have the motivation of my students in mind it would be better to have first this part.

If this part includes concrete problems, yes. The problem however is that if you go into, if you, like I said, if you…we have been discussing this in the earlier interview. There are, there are different ways to deal with a context-concept approaches. If I look at this, o.k. what would we say, this is context, concept, context, context. We can also turn it around this, o.k. context, more context, basic knowledge sure, we can do that, you can mix it.

I also thought about it and why…that was my fundamental question, why don´t you split this optional part of, make smaller parts and then develop the concepts in the options?

Because what then it would be difficult…if you develop the concept part in the options we have three groups or six groups of students because it is options working on the same…o.k. trying to, trying to grasp this basic knowledge and skill in the context of the options when they are working on which means that it is far more out of control from the teacher and this doesn't have to present the problem but anyway 25 years ago even the fact that during a limited time you gave students the choice of an option was a big step.

So the idea was I motivate my students by the theme.

Yes.

Then I get sure that they know everything I want them to know that I present them the concepts and then I go into the options and apply the concepts to work with the equations and so on. That is was the idea?

Yes, roughly, because you have to put this into the teaching tradition of 25 years ago, which was teacher dominated, whole class directed and these units bare the mark of that.

In the article "Making it relevant", in the book "Making it relevant" you have written an article and in the article you wrote:
Then the basic question turns up again in the last part of the unit, in which physics concepts and skills are broadened and/or deepened by applying them to situations in which the basic question is prominent […]
but in our last interview you said that this wouldn't be the case, that not the concepts are broadened and deepening.

Yes.

So is this part of the article perhaps a nowadays view?

No, I think that the problem is that the format of the unit, as I described that in the article is a kind of generalization in retrospect. So in other units the optional part is a bit more…in the "Ionising radiation"-unit the optional part is pretty near the end. In other units the options part is much more in the beginning, not in the beginning in the middle. Which means that there is then another section after the options and before let's say the closing chapter where the experiences in the options are…well, kind of broad together and by relating them to each other are made more broadly and deeply like it says.

Deepening of the concepts?

Yes.

So, in this unit ionising radiation the concept-development was finished after the second phase?

Yes. That is always a bit of a problem with, let's say kind of intuitive development of teaching materials and then, o.k. for each topic you do as seems the best at that moment and if you want to make, if you want to see some system in it afterwards o.k. it is always a bit of a problem and sometimes a bit strange to get, to get everything in there.

So when we, when we spoke of a normal case when we go back to the beginning of our interview that the PLON-unit "Ionising Radiation" would be a typical PLON-unit.

Yes, with some slight variations.

But, there we could say that there is no broadening and deepening of concepts in the last phase?

No, it is kind of, like I said earlier it is, it is kind of…so when the options start the concepts are pretty…have been treated as far as they have to be treated and then what happens is that, let's say the broadening and deepening you could say well, that is kind of done in the options by relating, by using those concepts in specific context for let's say the concept doesn't change but o.k. it is applicability becomes more, more clear and is more related to, is more related to the applications of…you could, or say relating it and seeing how this concept is used in the specific context could also be called a kind of broadening and deepening.

And you mentioned before that in some other units there were after the options phase a phase where concepts were broadened and deepened?

Yes, I think so.

How takes this place, how can I broaden and deepen then the concepts?

O.k. let´s leave the other units out. What was the question?

When you say after this options phase there were in some units a phase where these concepts were broadened and deepened. But how?

How. Then we have to go into another unit.

No, we will leave that out.

Yes, we will leave that out.

Now I will come to the focus of my work: Please try to draw or to describe the concept development of my students how you thought about it 25 years ago during such a unit.

The concept development during…

…during such a PLON-unit or especial in the unit "Ionising Radiation".

I'm not sure whether I will; I'm able to answer that at a general level. If I really have to restrict it to the situation of 25 years ago, I think the concept development would be limited to probably two points: first we have a look at the different kinds of radiation that is the properties, the origin and stuff like that and the second point is, I think, learning to make a clear distinction between source, radiation and detector, where detector can also stands for the human body and attached to that trying to establish a clear understanding of the difference between radiation of a body and contamination of a body. I think those are the, those things are the main things that we were trying to get across in that unit at a general level.

But when I understand you in the right way, we begin with concept-development in the second phase. In the first phase it is merely dominated for motivation.

Yes.

O.k. We begin in the second phase. So what you mentioned here, the concepts, I present to my students in the second phase.

Yes.

And after that I apply them in different options. And the relation you mentioned between detector and radiation and so on is all merely in the third phase?

Second.

Second phase. And in the third phase?

The third phase is a repetition of that, but then related to the specific context.

O.k. that my students repeat, or use the concepts learned in the second phase.

Now for instance in the optional part about health you want to…o.k. you have…there the question can turn up, o.k. we have somewhere insight the body, we have some organ we want to make a diagnosis whether it is the organ is still function correctly. This can be done by putting a radioactive substance into that organ one way or another and then outside of the body we are going to measure the radiation coming out etc. So we are going to try to make a picture, photograph of that organ with the help of radiation. The question then is which kind of radiation must be used in order to achieve that. Now you can't take alpha, you can't take beta because they both do not come out so you have to take gamma. O.k. and solving this problem of which radiation to take it is necessary to know the properties of the different kinds of radiation. You have to know that alpha and beta do not travel too far in tissue while, human tissue, while gamma does, comes out.

But if I understand you in the right way I can assume that after…in the second phase I present concepts, and after this phase they are stabile.

Yes, we hope so.

There is no development of concepts anymore, it is only applying.

After, after phase two there is no development of the physics concepts anymore, accept that students are asked to apply their physics knowledge to these practical situations and by applying it, o.k. that might also induce some further development, o.k. there is a difference between knowing something and knowing what to do with what you know. So in that sense there is still a development, but not as far as knowing the concepts is concerned. There might be a development in knowing how to apply the concepts to specific situations is concerned.

In the first interview we spoke about the role of preknowledge. In view of concept development where are the, where are the points where preknowledge was integrated?

In that unit 25 years ago?

Yes.

Nowhere.

O.k. I don't mean it in an obviously way, you know. Not in a direct way that I as a teacher ask my students what do you have for preknowledge. I mean it in an indirect way. Where were students, where was for students the possibility to integrate their own concepts?

If anything like that was, would happen, it would be in the first phase.

In the first, not in the options?

I don't think so.

Because it was too strict, or, because of the tasks and assignments and so on?

Yes. I don't think so. O.k. what has been done later the unit "Ionising Radiation" has been researched quite thoroughly, has been researched quite extensively after the PLON project has finished, so we have PhD-thesis on that, one of the things that has been done in that research is identifying students preknowledge and stuff that at that time was called misconceptions etc. and in the, during that, during that study kind of a questionnaire was developed, in which, o.k. let's say the students knowledge and lack of students knowledge was put into questions for the students and I know of some teachers who have used that questionnaire during the orientation of the unit and then again have used the same questionnaire at the end of the unit and lets students compare their answers.

And what was the result?

I don't know, you really have to lock at thesis, I´m…

This would be really interesting.

Yes. This is the only thing I know and that is it. So, that is a way to, that is a way to deal with, that is a way to deal with, with let's say with preknowledge. And of course what you can do is on the basis of such a questionnaire you can have students to compare their answers and then you will see that o.k. students disagree, o.k. they agree with their answers will be probably to some extend agree on a number of questions but there will also be question where students completely disagree or don´t know or whatever and you can use that as an incentive to say o.k., well maybe it is necessary to have a look at what situation

really is. O.k. and then at the end you could use the same questionnaire to help students realize that they have learned something as far as let´s the physics is concerned.

O.k., well first of all I didn't write that article, so what they say is their problem. But I think that now I know what this is about. That article is about the PLON curriculum for the preuniversity stream in secondary education so it is roughly one level higher than the level for which the PLON unit "Ionising radiation" was meant, also in that preuniversity stream they used, as far as I can remember, exactly the same unit, but because that unit was pretty much complete. It dealt with all the concepts, o.k. you can do it mathematically more sophisticating whatever and there were a number of a contexts in the options so it was broad enough, as far as that is concerned, but for instance mechanics in the PLON curriculum was treated in the context of traffic now, so o.k. force and motion in the context of traffic and for the preuniversity stream this was thought to be too narrow because force and motion also, you come, you come across force and motion also in the context of moving particles in electric and magnetic fields etc. So for this preuniversity stream they say o.k. we will do the concept like force, accelerations, speed, displacements whatever we will do, we will start with that in the context of traffic but then we need a unit which takes out all these concepts, physics concepts, we takes out these concepts, takes these concepts out of the context of traffic in a kind of o.k. let's say pure physics, mathematical way and then we want the students to apply those to, o.k. like I said for instance motion of particles in electric, and magnetic and gravitation of field or whatever. So I think that was meant with all this.

But to go one step behind: What are basic concepts?

Basic concepts force, mass, acceleration, speed, displacement and additions.
What is the difference between basic concepts and concepts?

I´m not quite sure about that.

O.k. you mentioned this systematic units for preuniversity classes. O.k. in this article, or in this paragraph here, they spoke about transfer. Transfer. How was transfer realized in our unit "Ionising Radiation"?

Well, when going from part two to part three of the options, you could say there is some kind of transfer because students are asked to apply those concepts in a specific, in context specific situations. But when they do the option about health for instance o.k. they might have become able to apply the basic concepts to health related problem situation but that does not guarantee that they also will be able to apply the same concepts to for instance an energy related problem, situation.

But besides this interview, is it perhaps not an idea to think about when they apply the concepts learned in the second phase in the context like health you call it transfer, it is a kind of transfer.

Yes, it is a kind of transfer.

Transfer, o.k.. Now I apply my concepts learned before in this option and then saying they were not very successful in applying it into another optional part.

They might not.

But perhaps it is an idea that when you apply a concept in a specific context it has different relations then applying the same concept to another context. You know what I mean? Perhaps this was the problem for the students?

Yes, that might have been a problem. Kind of…we have tried to…that is probably also very intuitive…In the reporting, after the options, it should become clear to the students who have done the health context that the same context also can be applied to the energy context. But o.k. so that is a matter of students learning from other students but whether that would be enough or satisfactory is an open question.

But when I embed a concept in a health context or the same concept in an energy context it might be perhaps a totally different network.

Yes.

And so perhaps that was the problem of the students.

Yes, that might be, yes. I don´t know whether that have been investigated or not.

But also what I think when I studied this PLON-unit and which we have talked about, this was perhaps one problem and the other problem was that they have only also their preknowledge in mind and their preconceptions before going in the second part.

Yes, yes.
And we have never talked about it.

No.

Or realised it.

No, o.k. you have a look, you have a look at this book in which also a comparison is made between students learning effects in the PLON-unit and in a traditional chapter from a book and as far as I can remember, I'm not quite sure, but as far as I can remember the learning effects were roughly the same.

And I think because of these points.

Yes, that probably will also be in this book.

I think it was a good idea, the PLON starts with good motivations so if we would work there on.

Yes. So there is a comparison between these two ways of teaching in this book on a number of aspects and one of the aspects is, let's say the learning effect and in this respect there wasn't very much difference and as far as I can remember the conclusion also is that not enough attention was paid to, let's say preknowledge and students ideas about radiation but I´m not quite sure about that because it is a long time ago since I read this.

O.k. I think we have already discussed this point because in the same article of this person they mentioned:

- new concepts are more easily integrated into the pupils´ intricate network of relations and associations;

My question was, how was this integration of new concepts realised in our PLON-unit?

That doesn´t apply, I think, I´m not quite sure, let me see, what does it say: "new concepts are more easily integrated into the pupils intricate network of relations and associations." I don´t know what they mean with the new concepts here, I have got no idea. My… as far as I can, as far as I can remember it was like I said, in the context of traffic they have learned about force, mass, speed acceleration etc. etc. those are the concepts, those are the basic concepts, and it is a network, and what the systematic units were trying to do is to extract those basic concepts from the context.

But why?

Because it was very difficult for the students to do that by themselves that was one of the problems with the…with a lot of PLON-units, that students have difficulty, let´s say finding the basic physics in the…in all the talk about concepts and that certainly goes for, let´s say mechanics, force and motion in the context of traffic, in the radiation unit it was much less than a problem, because part two just has the physics that is it and part three the option sis applying it, but in some units that was too mixed up for students to be able to make a distinction between the concepts and the context on the one hand and the context on the other hand and o.k. that was as far as I can remember the reason for having this systematic units. Taking the basic physics out of the traffic context pure and then see if they can apply it to…if they can apply it in…learn to apply it in other contexts and if they talk here about new concepts I have no idea what they are trying to say.

I think the concepts they learned in such a unit.

Yes, but then they are not new. I think the best thing, if you really want to go into that, the only thing I can advice you is talk to one of the people who have written here this article and that is tom van der Valk and he is at the same floor, somewhere at the completely end of this floor.

I will ask him for that. But did the typical PLON teacher support the integration of new concepts by the students. Typical PLON teacher only presents the concepts, or?

Yes.

Nothing else?

Yes, I think so. We are talking about 25 years ago.

That is all for him the question in the article. What were the main problems with the context based units? What would you say?

Main problems.

We talked about systematic units, there were problems with getting out what are the main concepts. But what were other problems in this context based units?

Problems for whom? The teacher, the students, both?

The students.

Student. O.k., I think indirectly we have, we have covered, we have covered main problems already, so first one is you can do a unit but you are supposed to do an exam later and you get question in context but might be a different context then the option you did during the unit. So, o.k. that would be the first problem for students anyway, so that is a bit of a, bit of related to transfer problems. The problems associated with that is that in part of the units, let´s say the real physics part, that they had to apply during the examination was difficult to find. The third problem would probably relate to their preknowledge or, their own ideas about their preknowledge relating to their own ideas about radiation etc., which were not explicitly addressed during the unit. O.k. the unit just presents this is like it is and does not connect to ideas students might have about how it is. I think these three ideas are three of the three main problems students might have had with that unit. I can´t, at the moment, I can´t think of any other one, except maybe one specific type of question that might be used in the test or the exam and that is a question in which students are presented with a decision making situation and in which they have to give an argumentation using the physics knowledge about the best way to whatever to give, let´s say in which they have to, in which they are ask to present their decision making about let´s say the issue of dumping radioactive waste into the ocean, or the issue of yes or no irradiating food. Exam questions normally are questions which have a pretty clear cut answer it is either yes or no or it is 25 or something like this and o.k. these questions, which are very, would be very appropriate given the nature of the unit, those are questions that students are not very familiar with bring an argumentation which can go either way. So that is something that might have had problems with too, as far as they were presented with that kind of questions.

Now we have spoke so much about problems, perhaps we can think about changing the structure of a PLON-unit. What do you think about changing the structure of such a unit. You described the structure of a typical PLON-unit in the beginning of the last interview. What would you perhaps change in the structure?

I don´t think, I don´t think I… I´m not quite sure whether I want to, whether I want to change very much, like I said in the earlier interview, let´s say the orientation, the orientation part of the unit could be done much better by relating to students preknowledge and using that knowledge productively in order to establish a some kind of "knowledge need". The thing that might be changed is the separation between the second and the third phase.

But in the last interview you mentioned that it would be hard for students…

Yes, yes, yes. That is why I´m thinking how to express that. What I would do is integrate the contexts in two, let´s say the basic knowledge and skills part, but in such a way that the separation between the concept and the context is still clear, so that students, when they want to prepare for their test or examination or whatever clearly can find o.k. this is the physics part and this is the context part associated to that. And that mean that, let´s for instance say, I´m not sure if it is easy to do, but, let´s say the basic knowledge and skills part is now two or three chapters which means that each chapter would include part of each of the three contexts, but o.k. Why would I do that? First of all to give students, give students a better idea of what a specific concept means in each of the three contexts so that they are not depending on the reporting of other students which is very difficult for students to do, that is something they really have to learn and o.k. that would mean that in this structure the

optional part of the unit would disappear but you can replace that by something else, like for instance and now I´m freely associating by giving them a number of decision making situations.

Like in the last phase.

Like in the last phase and let them choose one and let them see what they can do with their knowledge, let them see that if they can get an idea of, o.k. the advantages, disadvantages and make some kind of nice decision making situation, some kind of argue, if they can reach some kind of argumented decision or something like that.

Let us adopt we would change the second and the third phase in the meaning that in the options part the knowledge the students need is developed together with them. And afterwards I would summarize the basic knowledge and skills in the third phase. You know what I mean? That I go in the orientation, present many, many everyday life-situations and then I use the motivation I presented for going into an optional part and they can work on different contexts, or perhaps in one context, and develop the concepts they need to understanding the context in the contexts and after that, like it was done in a systematic unit, and after that I will go into a basic knowledge and skills part to summarize every concept we had develop in the second phase.

Yes, that is also possible, but there is a…the advantage is that the "knowledge need" probably will be more prominent, the disadvantage however is that you, o.k. that let's say if I have three options, I have to do the same thing three times all over again. This, from the viewpoint of the developer, I don't like that idea very much, it is possible, it is possible. Might also be a void out of it. O.k. I would have to think about that how to, how to organize that which you could do of course is if during such a concept students come to realize that they at least they have to know how quickly for instance a radioactive isotope decays then you can and that is going to happen, that is going to happen in each of the three contexts. What you could do at that point is o.k. have a look at and then you send them to part of the next chapter.

I only thought about it because in the typical PLON-unit was presented concepts that were applied in a context. But when I develop a concept in a context perhaps the students could use it more flexible than the other way round.

Yes. Another possibility is to say o.k. we take one context for example the health context and o.k. there we mix up the context and the concept and we do the concepts whenever they are needed because the context says so then next part is o.k. let's draw it out the physics and another step then would be o.k. there are more contexts then this health context and o.k. what we are now going to do is learn how to apply this physics part to those different contexts. So then it would…and then o.k. you can do that, you can do that the same for all students or in the way of different options I don't think that would be very much more problem then yes o.k., so there are different models but if, and that is the important thing I think, if you integrate the concepts and contexts mix them up you have to do some effort, to have to help the students, in drawing out o.k. this is the physics part that you are supposed to know and that you can apply to…

From a concept point of view when you mentioned that to support the students that they know what they need for the second for example. When I only think about the understanding of the concepts wouldn't it be an idea that they have developed the concepts in a specific

context so afterwards I don’t go into a phase where I said o.k. you need to know activity, you need to know half-life and so on, but I present them a new context?

Might be, might be possible, but I´m not quite sure about that.

Because then they would see what are the most important aspects I need to know to handle with this.

Yes, but then still, that is possible, but still students will be in the end confused about what will be, what they will be asked to do in the situation of a test and exam.

Yes, but besides this point of an exam, when I think about the effective learning and successful learning, wouldn´t it be better to have one context where they develop and learn the concepts and then I go t another context where they can use the concepts again?

Yes.

Then I have a flexible network of the concepts perhaps. So the options you have presented as a whole, perhaps it would be an idea to present them one and another and another…

Yes, that is possible, but I would be…

Then we would leave the fourth phase out and we would use this time to make another context.

Yes, well it is a possibility, I cannot predict what, I cannot predict what is going to happen. So, yes, well I think that is roughly what I can say about this. It is possible I think to do it, it is certainly possible to do it that way, what will happen to students learning and let’s say development of concepts and ability to switch from one context to another o.k. I have no idea.

Thank you so much for this last interview, this was my last question.

This was your last question? Good.

D. Interview with Piet Lijnse

[…]
The context, studied its behaviour and place it back. And I wouldn't know how to let´s say if I would make a bit of a caricature, but I wouldn´t know how to study the string behaviour always let´s say, with the context, this is the context, this is one of the contexts, so I have to make an idealization because the theory of physics it is an idealized theory it is only applied to ideal situation. So, and let´s say in usual physics before PLON or in non context-rich physics let´s say that was all what was done. You had the theory of strings and the several patterns of vibrations of a string and then pupils themselves were expected to be able to translate it to the reality or relevance and that is a mistake. So in that sense I think the context in the second part is always present because the experiments, the activity, the learning activity is being done in the second part always, are always motivated from the context.

So in PLON is the other way round, I think. In CHik (Chemie im Kontext) it is the way we have the context and from the context we go to the concepts, we always go o.k. we now needed to say something sensible about the context we go to the concepts. And here I think it is the other way around.

No, it is precisely what is done all here.

I just thought that we first learn the physics and then go to the context.

Again, let´s say this is about music. Quality of music it is called. And quality of music from a physics point of view has to do with frequencies, vibrations, whatever, waves. So that is the orientation, has to do with musical instruments, why they gave the sound they give, what the quality of the sound, the characteristics of... So we want to know more about characteristics of musical instruments. This are first a number of let´s say "Basisbegriffe", so what is the sound you can, the "Stimmkabel" gives the sound and you can record the vibration and so connect vibration with sound, to wave and then it is called the second part. This was all the orientation with the musical instruments, so the behaviour of musical instruments. And if you want to know more about that you have for "Saiten"...so we have to know more to study more about the behaviour of such kind and later on they go to those blow instruments. So the reason to study these concepts is taken from we know, we want to know more about the quality of music as it is produced by musical instruments. So from this question there you have to, o.k. we want to know more about…then we have to study the behaviour of musical instruments and to study the behaviour then we step over to more and more idealized physics, experiment. But I would say again the reason to do so is a context question.

What is the role or the function of the context in this approach? If you could characterize it in only one phrase: what is the function of the context here?

I think you have to face a modest answer: to make physics more relevant.

And what about the learning outcome? Is it better for the concept-development?

No, forget it. But say of course we had very high debates about…we had a unit on, again you have to place it in this time in which we had an energy problem, so we had a unit on energy and quality, which deals with let´s say the energy behaviour at home or in society or

whatever, being wise with energy, saving energy etc. etc. High debates on if pupils are taught that unit being wise with energy. Would you expect that there, that that would influence let´s say their personal energy behaviour? So would they, let´s say put the heating lower when they are at home to save energy. Would you expect such a thing from your physics teaching? Because if you do, then you could say context is much more, the role or the function of a context is much more than making physics more relevant, because I have said making physics more relevant the emphasis is still on the physics. When I say it would influence the energy behaviour then emphasis would be on the context. We were very argulistic at that time so some if us expected to influence so I thought if you don´t, and I agree to that, then there is nothing more or left than making physics more relevant and making a bit more interest. The coburn of physics is better learnable so the teaching process goes more effectively and they understand better what is going on etc. And I have never read about curricular which were developed in context for which…and then…so, all the rhetoric about context-rich, context-concept approach or whatever is for the largest part only rhetoric.

I would like to talk with you about this context-concept approach. But at first what is meant for you by the word "concept"?

No idea. You want a definition? I have no.

So you could not differentiate it from the words "knowledge" and "skills", or?

No. What is a "concept"?

But besides this interview, is it not our main problem now that we first need a clear definition what we mean about a "concept"?

No.

But we always talk about we have to develop "concepts" in our approach and so on, but we even don´t know what we meant with it.

But if I see a "concept", I know it.

For example, which…

So, I just had talked about energy. Energy is an important concept. Don´t ask me to give a definition not even of the concept of energy, because there is no definition of energy which is sufficient in all the cases. Look, the following quotations both from physicians: "everybody knows more or less what energy is" another "it is important to realize that in physics today we have no knowledge of what energy is". So, don´t ask me a definition of energy and don´t ask me a definition of what a "concept" is. There are books written about "concepts", there a lot of definitions about what a "concept" may be. I don´t remember them and I don´t need.

But when you think about your students, going through the unit like "Music" or something like that or "Energy", and some students write a "spiekbriefje". Let us think we would be the students. In the first phase we won't write a "spiekbriefje", there is nothing we could write down, no concepts. Like you said the first phase is merely for motivation. Then I go to the second phase, then there are many, many concepts I have to write down on my "spiekbriefje". And then in the second phase my students write down equations, definitions and so on. All this together makes a network in their mind about a concept like energy. And

then they go into the third phase, what happens there is that they apply the network or the concepts they have now in different options or different contexts. But what do you think about the “spiekbriefje”? The “spiekbriefje” is finished after the second phase.

After the second phase the concept-formation is complete? Is that what you mean?

Yes, I just thought about what they will write down in the third phase. But there is nothing they would write down. Everything they need in the third phase…

No, that is not true.

What is in the third phase? What comes to the “spiekbriefje”?

More concepts, specifications or whatever.

Context-related specifications?

Always context-related, but also let´s say in the third phase they still learn physics, context-related, but there is still a development in the physics.

And in the last phase they are more broaden.

And they may…in the last phase it depends on their interest, they may learn a lot of physics, if they want to go deeper into the physics of music they may do so in the final phase but then that is only for that particular group which choose to do so and it is not for all pupils.

So let us talk about the problems of this approach. What do you think were the most important problems of this approach?

Well, one of the problems was that the expectations were too high. But that maybe was more a problem for the developers than for the teachers, but even so for teachers because let´s say the same going on now in…we were an experimental project, so we had to attract teachers to use our materials and the number of teachers who were allowed to do so were restricted because of the examination. But if you want to attract teachers to take part in a new project of course you have to say something positive. How teaching the context how it motivates pupils and underlines the relevance and even how it let´s say may foster the concept-development, because we expected it all. We wrote such wonderful teaching material so it had to be better than… o.k. that the reality is much more difficult than what we expected. But that is from all innovations in teaching, so we were not the only one.

So what about the learning outcome?

It was not worse than regular teaching.

But not better.

But also not better.

Why not, what do you think?

Well, why not? Because let´s say the didactical approach that we developed, particular as far as the development of concepts is involved, was not very much different from let´s say the normal, the traditional textbooks, it was put in a context, but that doesn´t mean that the way the concepts themselves were developed was quite different. Context doesn´t change that, not necessarily. I think, that is one of the main reasons that I would say the PLON-curriculum was more or less let´s say traditional teaching as far as the concept-development, but put in a context. That may influence the motivation, that may influence the feeling of relevance, but it does not necessarily also influence let´s say the teaching of learning process in the sense that it is better understandable.
Teaching a context, let´s say developing teaching materials in context is a very hard job. If you really want to, let´s say to make the context realistic that is not just some kind of, just kind of a shell around it but really let´s say make a context function in the unit. Well, we as developers did not know enough about the context to make it…to give a concrete example, as the physicists or the physics teacher know about waves and vibrations but you don´t know about musical instruments. So if you want to write a unit on music, you first have to study your settle. What does it mean musical instruments, the quality of music? And that makes a development of teaching materials much harder. The same applies to teachers. They also learned anything about that contexts, they know about waves and vibrations but nothing about music or in a very superficial way but not in the sense that is needed for… that is one difficulty. Another difficulty is teaching in context as we developed takes a lot of works. And if you compare it to regular physics textbooks which its formulas and some texts, here is a lot of text which makes it more difficult for pupils they had to read a lot, they have to extract let´s say the physics from all the words. But at the same time it is unavoidable, because you have to, you have to describe the context you just, you can´t…as in let´s say in traditional physics you write down a formula you say a few words about the meaning of the symbols in it and here you have to write a lot about the context itself and maybe we used to many words but compare it with a regular textbook and you see the difference. And it asks a lot of reading from pupils and pupils don´t like to read. And they only don´t like to read they don´t read in the sense that they, they don´t read in an attentional way. They read superficially. So that is a difficulty in that we encountered: too much words in a certain sense, but then it is unavoidable.

But why were systematic units needed? What was the problem behind it? Why did you have systematic units?

First, so the difficulty which is related to that. Physics in general is expected to the only general large, so the physics you learn is expected to be applicable everywhere. No pupil can do it but let´s say the government or the officials say teaching of physics is general knowledge and you have to teach it them in a general way. Teaching in context means that you increase what I call the functionality of a knowledge but you decrease the generality. So, it is, and that is a dilemma. For the HAVO curriculum, so for the pupils on that particular school type which do not go to university but higher professional training, we thought that is a good outcome. We want to teach those pupils more functional knowledge and we sacrifice the generality of knowledge and there were a lot of teachers who were opposed to that because physics is about general knowledge and in practice it means that a lot of teachers, when they had a problem with the time, they drop the context and teach only the physics. That is a general problem with context-curricula if there is not enough time the first that is sacrificed is the context. At the VWO, so the pre-university school type, it was impossible to take the same steps, because for pupils entering university they should have the general type of knowledge. At the same time, so we have to look for a compromise, we wanted to keep the thematic units more or less adapt to that particular school type, but at

the same time we had to generalize, so to take the concepts to dekontextualise them at least the most important ones for instance the mechanics, concepts for instance you had to dekontextualise them from the unit of traffic, in which they were taught, and we had to add them systematic units which was called movement and force and that was because of the pre-university…so the, and that the concepts of physics or whatever had to be taught in a more general, applicable way or more transfer or whatever.

That means that in a systematic unit I extract the concepts that have to be learned like the energy concept and so on in order to apply it to other contexts?

Well, the way in which it was done… that you could say that in a thematic unit you have your, a large context traffic or whatever and within that unit all situations were traffic situations, so a specification of the overall content. In a systematic unit we took a different…it was still you could say contextualized or in other ways as we called it realistic situation, but realistic situations were now taken from different contexts. So, let´s say in the unit on movement or whatever some situations, realistic situations so taken from real life in that particular sense it was still contextualized a small context, I say it was taken from somebody who is doing some sports for instance , from an airplane or whatever, or from your body. A number of different, or realistic situations taken from different contexts and that probably the central point, central theme of such a systematic unit was the let´s say the conceptual framework and not the context.

In the respect of the problems you mentioned, what would you like to change in this approach?

Did you hear about, read something about what we now called a problem-posing approach?

Yes.

Well, what I would like to change was that, I just said, that PLON was more or less from a conceptual-development point of view PLON was let ´s say the traditional didactical approach put in a context. What we did not change well enough maybe not at all but partly concept-development. I think the problem-posing approach which, well is a phrase for something we disagree about as a group, ad that wants to let´s say also change the detailed way of concept-development more in a bottom-up way. And I think that should be an improvement of the PLON-curriculum if the units were developed more form a problem-posing approach. And as far as the context are concerned it surprises me I recently I have looked into a number of british projects and which are now said to be context-approaches. And then it strikes me that the contexts that are chosen, so the units titles in those projects are very much similar to the unit titles of the PLON-project. And in fact maybe that should not surprise me because, let´s say the world now is not completely different than the world 25 years ago. So the main, if you look around you and you would say what kind of context would be relevant then you more or less come to the same choices, so there is not a real difference and I think there is not much discussion possible about that.

You said something about traditional conceptual approach embed in a context. What do you mean with a traditional conceptual approach?

As in regular textbook at that time.

So would you be so kind to describe how you think that concept-development takes place in such a PLON-unit thirty years ago? How concept-development in students´ mind takes place during such a PLON-unit. How does the concept-development takes place?

I don´t know what is going on in students´ mind.

No, but you will have an idea. Underlying the structure of your approach there will be assumptions about the learning process.

There are not assumptions about the learning process and all assumptions about learning process are useless to my opinion.

Why?

What we can do, as curriculum developers or as a teacher, you have an idea about what the pupils know and that idea can be wrong of course, but you have an idea about it and every teaching process which you think partly you start from a certain point and you structure your process in such a way, that you think, that the steps should be made are learnable for your pupils. So, they can follow you in your process.

But follow me, would mean that they walk the same way I walk with my concept. When we think about the concept-network, I have a concept-network in my mind and I´m structuring a learning process and PLON is very structured by the teacher.

So, what I should do is to allow a lot of, let´s say interactivity in my teaching process, because interactivity gives me a clue about where the pupils can make the same steps that I expect them to make. So it gives me an idea, whether the, my outlining of the learning process is rather successful. What I don´t have no idea about is whether it…of course has been written a lot about constructivism, particularly in the german literature, particularly from the IPN, it is for a large part nonsense to my opinion.

Why?

I don´t know, is it better to let´s say to develop your teaching materials or your teaching activities, or assignments we presented pupils, how open or close this should have be? If constructivism means that I should take pupils ideas, stage of concept-development or I should take them into account, and I agree to that, but it doesn´t say anything how I should do so in my teaching.

To have an open learning environment.

Well, that is not necessary not at all. That is not a consequence of the idea of constructivism. If I as a teacher teach directly, taking all your ideas into account, what is wrong with it? And maybe it is wise every now and day what they say, to check whether you can follow my teaching, whether you construct the same steps that I expect you to construct. The idea of an open learning environment and a lot of so called constructivist teaching sequences there is a lot of open activity there is no evidence at all that that would were better that pupils learn better in an open learning activity than in a more directive learning activity, provided that the teacher does it ad most to take your…at least that is my opinion. […]

I have tried to think about concept-development. In the first phase the students existing concepts or concept-networks about the topic are not picked up in this phase. Would you agree there? […] Not directly, the students will have it in mind, but…

Well, I think it is more complicated in the sense I have just described, in the orientation period that is meant to elised the pre-knowledge of pupils, that is one of the functions of the orientation phase. But at same time that is the let´s say and what pre-knowledge was supposed to be present and then I just said that is what was being taught in previous years.

[…]

And we did not take into account sufficiently enough that maybe the pre-knowledge that maybe they didn´t understood it the way do I expected. So the whole idea of let´s say the misconceptions literature which came afterwards would not, let´s say had explain no, no above, in later units a bit but the pre-knowledge literature or the misconception was not really dealt with in the PLON-project. But that does not mean, that we did not take the pre-knowledge into account. Maybe we didn´t it well enough, that is possible, but we always tried to take something into account.

But what you take into account was what the students might have learned before?

Yes.

In this school career. So that what I as a teacher had in mind.

The only unit in which it was something different it is in the traffic unit that is more let´s say in line with the, at that time contribute constructivism literature.

And then we are going into the second phase. […] In the second phase, they have to learn the physics to bring it on one phrase.

Yes, but still related to the context.

Would you agree that "basic knowledge and skills" means not a development of concept-network? There was only a presentation of singular facts concerning the concept.

I don´t agree to that I´m afraid. "Basic information and skills"…"basic information" suggest that they got, let´s say they were told is that what you mean?

Yes.

And you are referring to the second phase? Well, they were not told.

They work through assignments and they develop concepts.

Yes.

And then they had a concept-network.

Restricted one probably but yes, so they were not conformed, they worked through it in an active way.

[…] In the unit “Ionising Radiation” which I have studied there was a text and in this text there was everything you have to know, the equations and so on.
Yes, I think that the unit on “Ionising Radiation” is let´s say not the best one to get a real impression of the PLON-work.

But it was a successful one.

But from a different point of view.

From which point of view?

Let´s say “Ionising Radiation” deals with let´s say rather theoretic concepts. And theoretical concepts on which you can´t do very much experiments. So when you deal with ionising radiation you have to tell a lot, you can´t experiment with it in school. And you can´t see it, you can´t experiment with it, so what else then about that experiment or tell about results or whatever, but that has to do with the theoretical level of concepts themselves. If we talk about musical instrument or about traffic situation the situation is quite different, there you can do a lot of experiments.

So here in the “Ionising Radiation”-part there was the assignments mainly the active part of student isn´t important for concept-development, because before the assignments there was everything written down you have to know about.

But this illustrates I think an important point which is, let´s say nuances the idea of a concept, of a context-concept approach. When you are teaching let´s say more theoretical or at a deeper level I say about atoms or nucleo or whatever, then your approach has to be different than when you teach about mechanics or about electricity. Because the phenomenon you see are lighter in mechanics or electricity and you can´t see the phenomenon at the atomic or whatever. So, there has to be a difference in approach.

So, the third phase, the keyconcepts were coming out of the second phase they were now embed in complicated situations in the optional part.

Yes.

So the students can use their “spiekbriefje” from the second phase.

Yes.

And this “spiekbriefje” doesn´t change because Koos told me “the complexity is not in the concepts, the complexity is in the context”. So, I have a concept-network and now I have to apply it in the context and so not the concepts develop but the links to the context.

The knowledge mentioned in the second phase, the singular, the different the different aspect of knowledge mentioned in the second phase has to be connected in the third phase, in order to be better able, limited probably to that context, to use the knowledge.
But there is no development of concept during this part.

Suppose you are right in what you just said, is that not a development of concepts? I would say this is development of concepts. To be able to connect it to other contexts is a concept-development.

[…] The fourth phase. On the fourth phase, concepts are not so prominent here in the last part. No "broadening and deepening" of concepts in this last phase of the unit "Ionising Radiation".
But normally they were prominent?

Look, the…such a unit structure is a kind of average description idealize of what is going on in all the units. And the, let´s say the way it is really done in each unit is different. So, the extend particular phase is done in a particular unit it is idealized.

But what was the idealized way? What was the ideal way in the fourth phase? Was it a broadening and deepening of concepts?

Yes. That is more or less the general pattern average of all the units.

In the meaning the "broadening and deepening" of concepts that I apply the concepts I have learned in more general contexts.

And in your terms the network is made more common, so they are coming new relations.

Because the broadening of the context.

And because of the deepening of the concepts. Deepening of the concepts means a complexer conceptual network.

O.k. Important, I thought, would be that the "spiekbriefje" is finished after, or is mostly finished after part two.

No, I don´t like the word "spiekbriefje",[...] your way of contextualization the word "spiekbriefje" in the PLON-project, it is a way of contextualizing the terms in review, I don´t like. You will pin point "spiekbriefje" in the second phase and "spiekbriefje" is all the physics that is what I get from what you say and that is a too simple view. You could say the second part is the, o.k. that contains most of the conceptual network but not all.

But the second part is the physics and…

Not only. Not only. "Broadening and deepening" is the fourth phase either is also. And the "spiekbriefje" has to be made more complete in the fourth phase and don´t ask me any details.

And the third?

Equal in the third, yes, because then of the second part has to be related to a new context. And in the fourth phase new evations, so the network has made, more complex and again new situation, so broadening and again new context deepening is a complexer network.

What do you think about besides this interview, […] you mentioned the not better learning outcome compared with physics normal teaching and learning.

In general.

[…] When I have context-based approaches I would like to develop concepts in a context. So now, the students have a special, individual concept-network in their minds. The students develop in individual concept-network in this specific context. So now, I would like them to use the concepts learned in this specific context in another context and they aren´t successful. Why not? […]
The problem might be that this concept-network and its links to the context are so specific in this context […] when I go in another context it is the same aspects of knowledge I have to know about but there are different links, different emphasis about it. So, that would be perhaps a difficulty for students to transfer the things they have learned before in a new context.

Well, our view on that is rather pragmatic. Let´s say in traditional teaching, so without context, transfer is a problem. Pupils are not able to apply what they have learned at school to let´s say to real life context. To transfer it to new situation. They are in its best they are able to apply to the specific situations they have got at school more or less idealized situation, […]they are best able to apply it in that situation and are not able […]. The transfer problem is not solved in a context unit. At least […] in a context rich curriculum they are now able to apply them in at least one context. And in a well chosen context, let me say, so they are able to apply it the knowledge into a context which is relevant, which is expected to be relevant, and at least they are able to apply it in that context. So that is at least one step. The transfer to other contexts is certainly not usual, maybe even more difficult, it is hard to say, and you can give arguments in detail, in let's say well, there are connections…so they have to the concept-network combine it to a context, so they first they have to decontextualize it and then recontextualize it, well, possible, and that is a problem in itself and you don't know how to solve it and context-rich makes that certainly not more useful, but at least you have one context, one relevant context, in which they can use it.

This what you mentioned with "decontextualisation" and "recontextualisation" that was what was done in the systematic units, or?

No, no you can´t put it that way, or in a sense. You can talk about in a certain sense it was done in a…but not, let´s say in a very explicit way, probably now we should do it better or different anyhow different and even better.

But what would you think, imagine we would go after such a context in another context and in another context and applying the concepts they learned in one context in other contexts. Perhaps that would flexibilize the knowledge they have learned, the concept-network.

Well, if you learn them first to apply them in one context, then in another context, then still another context and then more or less extract the conceptual network which was applied in that, so this let´say is the conceptual network which applies in all concepts, or explicit first transfer, extract […] that to make visible that this is the central network which is applicable in all kinds of situations. Maybe it would help.

But I don´t think it would help. Extract a network, that would mean that I extract one network but…

…the core, which you apply let´s say in a number of different contexts.

Yes, but the core is always different in the meaning…

No, the core is not different. What core would be different, what do you mean?
When I just think about chemical reaction about this concept, so I have applied it in different contexts but the emphasis in this concept-network would be always different. In one context is the emphasis on energy, on the other context it would be chemical reaction in the way that the substances change or the atoms are grouped in another way. So I think, if I would extract the concept-core then I would present to my students one concept-core, but I can´t help them to use this flexible. They only have the different aspects then of a core, but not their links. […] I think that won´t work. […]

And maybe if you would to it together with the teacher in a reflective way, then you could say that they, let´s say when you do something explicit or making, that you transfer…if you don´t do something about it, certainly it doesn´t work. […]

[…]

How would you characterize the role of the teacher and the students in the second phase?

[…] As you can see here, these are all learning activities or assignments for pupils, so pupils have to work on these assignments mostly in groups, so the teacher has to of course to manage the group work to see to help students when they have problems. But in a…he is not, let´s say the one who is explaining the physics. In that particular part he is the manager of the group work.

Is it in the second part also group work?

Yes.

And then we go into the options part and there the context is split of in different…

That is we had two periods of group work and of course that didn´t succeed always there are serious problems, they had two periods of group work in this period we called it learning from each other which means we have groups of pupils work on different activities and with different physics involved but at the end in the reporting session all pupils had to understand all the physics. So in this reporting session, let´s say one group of pupils had to report the results in such a way that also the other pupils could understand the physics. While in this period of differentiation […], so this is called the hard exchange and this was the soft exchange of the period. So in this differentiation period pupils chose an activity which they were interested in and in the reporting session then they reported to the other so we done so and so…but then, let´s say the content of the report needed not to be understood it was just exchange of we have done this and this and then other pupils or other students did so and so and […]my it is interesting but they didn´t have to understand really the physics that is in the other parts.

What about the last phase “broadening and deepening”? What is meant by “broadening and deepening”? What is broadened and deepened?

Broaden is more physics, deepening is complexer, or how to say the…

Complexer network?

More physics, at a deeper level.

But in the same context?

But in the same context. Yes.

When I see the structure, what was your assumption? What were your assumptions when you create this structure? What was your idea about the learning process when you developed the structure?

Well, you have to put this structure in the 70th and the 80th […]. But at that time you have what was called progressive education. […] So physics teaching should give a contribution to the complete development of pupil, so physics should contribute to the social development, to the emotional development, to whatever and not only to learning physics. Of course while teaching physics pupils should learn physics and that was the consent, but the let´s say the teaching methods and the whole structure of the teaching network also let´s say meant to contribute to other, more general goals, that is why learning from each other so pupils had to learn to report, they had to work in groups, not because it was expected that they would learn it better but to learn to social interact with each other. So the social development…

And why was the second phase, where the basic knowledge and skills were developed, why was it not embed into the options part? Why was there not a more narrow connection between context and concept? When I was studying the unit "Ionising Radiation" it was that during the orientation o.k. the context, then the basic question narrows it down, like you described it and then there were the basic knowledge and skills part and in this part it was only written down the physics you have to learn for the examination or the test at the end. The physics is written down and you have to learn it and then you can apply it in the optional part. And I don´t understand why this basic knowledge and skills weren't really embed in the optional part. […] That you develop the concepts you needed in a context. You described an interruption between the orientation and basic knowledge and skills. Because here you have a great motivation and then here "we have to learn".

I object to that formulation "then you have to learn", no you have to let´s say to, it is an active way of learning and it is learning in context. Also in the way that knowledge and skills are always in the context of the whole unit.

What was then the function of the optional part? That I can apply it then for myself now?

Yes, apply and extend.

[…]

You have to work, but let´s say I think we even tried to, let´s say I think it was in a lower grade, I don't remember it precisely, but we even come up to make a differentiation from the start of the unit, but that is, but that is not an effective approach, if you…let´s say the requirements for the curriculum were such well let´s say they had to learn some physics.

[…] Where was the preknowledge in the structure of the students involved?

[…] PLON did not take the preknowledge into account.

[…]
You can´t learn without doing so.

But how was it not indirectly involved but directly involved from me as a teacher? When I teach PLON how do I involve preknowledge of my students?
[…]

Well, let´s say there is a problem, or there is a difference in opinion maybe how it was done in PLON let´s say in the 70th when this materials was involved suddenly, the idea of conceptual change and the whole literature of misconceptions and whatever was not available at that time. But I thought every teacher knows then if you want to teach and you want to be successful that you have to take the preknowledge into account. That is common sense. So we also did that in PLON. And in the orientation period, one of the functions of the orientation period is to elised the preknwoledge which with the enter the particular unit. What we at that time let´s say we…this HAVO is a follow up to the teaching of physics in the earlier grade. So the preknowledge that we took into account that was more or less what in the earlier grades they have learned these concepts, so this is the preknowledge we can start from. And you could say that this is the normal way in which teacher deal with preknowledge, to define a starting point, this known and we can build on, in that sense preknowledge was taken into account.

But I´m afraid that this basic knowledge and skills part could be too narrow to let the student formulate and integrate their preknwoledge. When they have the assignments and the work through the assignments embed in a context in which way or not it could be too straight forward […] equations for half-life and dose and something like that, so I can…I have to fill in the right numbers and solve the equation. Perhaps this part was too narrow for the students that they can integrate their preknowledge. And I think the optional part was very open, so they work in groups, they can discuss and so on…

But also in the basic part they were working in groups. But why do you think it is too narrow?

Because they have to work through assignments, the assignments were formulated by the teacher, in the material, so not by themselves. […]

But would you like pupils to formulate their assignments itself?

[…] I would like to help my students formulate their own questions.

No, I don´t. […] Why not? If you let pupils formulate their own questions without carefully structuring them before you must leading them. If you let them formulate their own questions your obliged to answer those questions. And that is impossible, because if you let pupils formulate their question without restricting it from the…

But I have restricted it.

How?

In the first phase. You have told me you narrowed down the context, so you restricted the context to the basic question.

O.k., but then I have formulate the basic question. And the difficult part is and let´s say which we are trying… in a certain sense I agree with you, but some serious difficulties involved then. The really difficult problem is to let pupils formulate their questions you would like them to formulate. How to make them ask the questions you want them to ask? Without telling them you should ask this question. Because if you just…for example "Ionising Radiation" is at least at that time a topic which pupils were very much interested in. I telling to pupils we going to deal with "Ionising Radiation" What would you like to know about "Ionising Radiation"? They came up with all kinds of questions and then you have to say o.k. nine of those ten questions we can´t deal within this unit, because they are too complicated. And that is demotivating. How to structure the process? How to give pupils enough freedom to ask questions? And at the same time structure it in such a way that they ask questions it can really be dealt with in the following lesson.

When we talk about motivation, how would you describe the development of motivation by the students from the orientation to the last phase "broadening and deepening"?

Well, that is difficult to say something general about it. Because, as I said, it depends on the teacher, but…so you don´t have…don´t expect too much from context. Because context in itself is not motivating, is not motivating for a whole serie of lessons.

So what is the motivation for the students in PLON to go on?

Well, the…there has been some evaluation study, unfortunately not enough […] in general you could they that pupils who have got the PLON-curriculum found let´s say physics how to say more relevant. At least not the topic which is far a way, but physics has some relevancy for your everyday life. So the relevance of the physics was considered to be brave. Motivation was more abstract, because feeling that something is relevant does not need it is also more interesting. So something can be experienced as relevant but I still don´t like it. That is more or less a dilemma, so we found, we were successful in making it more relevant, some units for instance "Ionising Radiation", it was one of the reason it was translated into English, because you always of course you have to translate the most successful one, but it has nothing to do, to my opinion, with the context but because of the topic, if you teach about radioactivity certainly in the 80th at that time, then you have a topic which is, has something mysterious about it , something strange and then you have an interesting topic. For instance a unit like electronics which was a rather technical one, didn´t succeed in motivate, let´s say the whole range of pupils, of course there are always some part for them it is rather an interesting unit, but not in general. So as far as motivation is concerned it is difficult to say, it is certainly not the case that we could say that the PLON curriculum motivates the students. […]

We have talk so much about the word "context". What is a "context" for you?

What is a context? […]But we made a difference between small contexts and large contexts, or let´s say "Ionising Radiation" well is not…you could say that this is a large context it is an area of in which, in a lot of situations deal with application or whatever of "Ionising Radiation". "Light Sources" is a large context, there are a lot of different "Light Sources" in reality, in real-life which you take as a starting point. Within that broad context we deal with specific situation, small situations, let´s say how do you call it, a "Neonröhre" which

is, within the broad, the number of possibilities of "Light Sources" you take one specific example which is a small context, or one situation, so we call a context let´s say a situation in which rules of physics can be, let´s say can be, situations in which rules of physics can be connected, we put into relation, which can be described with rules of physics. So that is rules of physics which can connected to the situation. Just a small situation, let´s say in the unit "Traffic", "Traffic" we call it […] a broad area of experience there are a lot of traffic situations but when we deal with let´s say, when we talk about a bycicle, or about a car which accelerate or decelerate then you have particular small situation which is small context but the context is part of much larger area of situations which is the larger context. […]

Why is this approach a context-based approach? When I studied "Ionising Radiation" the first time, I thought that is not a context-based approach that is only a problem-solving approach. Problem-solving in the sense that I have a real-life situation and there are problems and I have to solve it. But a context-based approach means from, at least for me, that you embed the concepts in a context. And that is not always the case in PLON. […] You had the orientation with the real-life situations or the context, then you go into the second part, then there is all the physics, all the physics part you have to learn it. It is like an interruption between the orientation and the optional part. When I think about when I would be a student at least in this unit […] there are assignments working through all these things sometimes connected with the context but not always and so you have to learn in the second part, the concepts. And then in the third part turns the context up again in the optional part and you can apply the concepts in a context. But a context-based approach means at least for me that you have to develop the concepts in a context and not only to apply them then. What is your opinion about it?

Context are often much too complex to develop concepts in it. So if you always let´s say would, if you always would develop the concepts within the complex context you have a problem. Because you have always to say now we are looking at this particular context from a very restricted point of view. The point of view of developing this particular concept which is only, which is related to the context so I must, let´s say I do not agree with the in the second part there is no relation to the context, I think the relation to the context is always present, but at the same time let´s say it is more in the background than in the foreground. And that is on purpose, because I think when you want to develop concepts of physics you have to restrict the situations in which you want to do, to make it clearer, to make a specific example, if you want to study the behaviour of a string and you want to do it with a cello you have a problem. So you have to idealize or to step out of the context of the musical instruments to typical school experiment which is very idealized, very non-realistic experiment, you will never see a musical instrument which looks like this, but in this situation you can study the behaviour of a string and then relate it always the motivation for doing this experiment […]

E. Interview with A.E. van der Valk

So, before we start with this, I have another question: Could you please first explain how you were involved in this project thirty years ago?

Yes. Well, I was a teacher in Den Haag and I was interested in innovation of physics-I was teaching physics to secondary school students-and well I saw an advertisement and I applicated for the job and I got it, so this is how I came involved in it.

And I have tried to make a general format of a teaching unit, of a thematic unit, here, according to your article and articles of Koos. I have try to draw it here.
Would you be so kind to describe the learning process lying behind the structure?

As I see it now will probably it has changed ideas. Well in our PLON view the…it was very important that the students know what they are…what they were going to do, that they had some goal and direction, certain direction for their learning process. And therefore we always plan some orientation activities and in the course of our developments this was operationalized as thematic questions, as some central question at the start and that could be answered at the end of the process. So, with that orientation students would be prepared to study some basic knowledge and skills to get more skills and for that we used concrete contexts at that were…we hoped were recognizeable for the students and they were interesting for the students and with that knowledge we hoped they had some questions of their own and they were going to, to some investigations to that questions and that is the optional part. We gave them some opportunities and, and when they had pose their questions and answers and those they had to present their results to each other and so then the unit was more or less ended with the summary everybody said what they have learned. Teacher gave a summary, so.

And what was this fourth phase "broadening and deepening" like? What does it mean "broadening and deepening"?

Yes, probably, well we have to make a difference. I didn´t make a difference between the two (meant is the third and the fourth phase) *I think in this scheme it is the best to say, well we have basic knowledge and skills, then students had options in elaborating those basic knowledge and skills in a more or less structured way that the options and then broadening and the deepening it is where the investigations are standing about.*

O.k. I would like to focus in my research project on concept-development and I would like to compare the concept-development in such a context-based approach with other context-based approaches. When I think about concept-development, I think we have first to talk about your definition of a "concept". What was your idea, what was the "concept" for you at this time?

I think, there was not one concept, but there were the physics concepts like force or electricity or current, electric current, that kind of things. That were so infect the concepts were the content, the physics content.

How does concept-development takes place in such a unit? We have talked a little bit now about the learning process but I would like to look concrete on concept-development. In the orientation phase I present contexts to my students, several contexts, to motivate them to go on in their learning process. But here it is no concepts in it.

In fact, the need for concepts is in there.

The need. And here in the second part, how does concept-development takes part during such a unit?

Well, let me take as an example the concept of energy. My thesis is about it. […] As in that orientation part we took the concept of energy, I already say concept of energy, as it is present in daily life. Students know something about energy and that is not a physics concept of energy or in fact I was studying students from 17 years old, so they already had concept of energy low secondary, so they had some physics content but it is not content, that is not the full idea of energy. And there we started by remembering them to things there that they had already by telling what is the concept in daily life what did we already know about the physics concept and why is it, why is there a need to develop that concept more.

Sorry, if I interrupt you, but I have one question here. You mentioned preknowledge in the first phase.

Yes.

How was it integrated into the first phase? Did you as a teacher talk with your students about their preknowledge about energy or…?

Yes, it was introduced for instance as a…by certain situations so the context, what is the energy in there and how can you see that energy is present if you can talk about presence of energy.

So the context evokes to speak about energy.

Yes.

O.k. and how does it walk on then?

And then in the specific energy question we were making some schemes, schematic drawings, and we were infected with, those were drawings about energy fluxes and the idea of energy as something that may stream or something that maybe present in a situation were developed. And then there was an idea of, well, infect you have to make a difference between energy as the, as the characterization of a state and energy as a something that has to do with process and so we focussed on energy as a state and introduced some sorts of energy in contrast to heat and work.

This was done in the basic knowledge and skills part.

Yes.

So, I started with the orientation merely to motivate my students and to evoke their preknowledge so they for themselves, or they perhaps formulated it even in the teaching lessons but they think about their preknowledge about energy and then I go on and here (second phase) it is a rather teacher dominated phase, or?

Yes, I think so it is…let's say it is very structured by the teacher.

Yes, through the assignments and so on. But here (second phase) I present the concept energy to my students, or?

Yes. Not…in the energy way we said well it is not useful to present it in all its aspects but there has to be certain order of that aspects, to come more and more to the physics concept.

So, if I try to make a drawing about it, here I have many, many different concepts or concept-networks of my students in the first phase. Perhaps they can formulate it but they are there in the students´ mind. Then I as a teacher will formulate such a basic question or sub-questions, or?

Yes.

Now we will concentrate on this aspect. So this is in my students´ mind and then I as a teacher present one concept. The concept of energy.

Yes.

But perhaps this would be incoherent to the concepts my students have in mind.

Yes.

How do you have support as a teacher at that time this transfer from your own concept to this concept the teacher presents now?

Yes, a very concrete problem there is that students here in this phase, the students have the idea that maybe energy is flowing or energy is doing all kind of things but it cannot be present in such a thing as a stone. A stone is not a living thing, it has no activity and so there is no energy present and I have to formulate, to, well, make it possible that there is energy in it by saying well you get energy out of it when it falls, you put energy in it if you lift it up again, and so it maybe that there is already something we call energy when it is there.

So, in the way that you are, that you show your students that there is something wrong there in their concepts, they have a need to change it and go to the, we called it, to the real concept, to the science concept of energy. But when I go on there and now here (second phase) the students have learned the concept energy. No I go into the optional part. My students have to apply the concepts learned before in the optional part. But when I now think about the network lying behind I would like to define a concept-network that a concept consists out of different knowledge aspects, like I don't know what is concerned with energy but…

Well, energy is conserved, energy has a quality, energy can be transformed…

But what would you say if I have here a concept developed or presented to my students, does this concept change in the optional part. You know what I mean…

Well, if I have introduced this concept here the students still have to, well, to understand that and so the optional part is needed for further understanding of…so, in fact it doesn't mean, when I said the right words here (second phase) *that they already used them. So there must be many activities to digest the concept.*

Perhaps an activity we could call a transfer? A transfer from you concept-network you presented to the students to their own individual concept-network they used here? Is it a kind of transfer?

Yes, or an integration or a new…

And what happened from here (third phase) to here (fourth phase) with my concepts?

Well, the idea from here to here was that was really a transfer point that we have had some concepts, sorry some contexts in which we developed for instance the energy concept and the idea was that it would be…well, there will be not so much transfer if it is developed in a certain context then it would stay there so we have to make a next step to make a transfer from one context to another.

Here (fourth phase) there is another context?

Yes.

What is meant by the acronym EPEP?

Well, that is an experimental examination program.

And PLON was such a program, or?

Yes, in fact what we were trying to do were to change the national examination programs and we made an experimental program and we wanted to say here that this, that our materials were a concretization of this experimental program. So it is a bit more formal program than the real lesson materials.

This part here was difficult for me to understand.

> One part deals with basic concepts that have to be known or handled with a high degree of versatility. This means that pupils must be able to use these basic concepts in a great variety of theoretical or experimental contexts, and choose a form that is appropriate to the idealizations of approximations that are needed to solve the problems set. […] The other part deals with topics that have to be known or handled within a single context or within a limited range of contexts.

What did you mean with basic concepts?

A basic concept like energy.

It is not only a concept it is a basic concept.

It is a basic concept because of other concepts are related to it. So energy is the basic concept and things like power or generating are related concepts.

In this section you said that pupils have to use basic concepts learned in many, many different contexts. So that is a kind of flexible use of concepts, I think.

Yes, that is what is called versatility. It has to do with transfer from one context to another.

Were there problems according to this, according to this transfer?

There were problems in the sense that we saw that the students did not make this transfer, so when we gave them a new context they somehow were falling back to their old concepts. So they used their old concepts and didn't implement the new ones. So we thought we have to do something extra.

And this was the reason for the systematic units?

Yes, that was the reason for the systematic units.

I will come to this point next, but first here:

> The other part deals with topics that have to be known or handled within a single context or within a limited range of contexts.

What is meant by this? What was the other part?

Well, the idea was that the experimental program has as well those basic concepts that are very important in physics as a whole, that must be applied in a versatile way, his transfer to all kind of contexts and there were some other parts of physics that were interesting and of course all kinds of basic concepts were applied there but there were other concepts for instance in Ionising Radiation that were very closed linked to the context itself, so we said there is no need for make it very versatile there. You can do, but it costs a lot of time you better pay that time to the basic concepts and not to the others.

If I can go back to this versatility, or kind of transfer you said, how was this transfer…No, what do you think was the problem why weren't students successful in this transfer?

Well, because there is somehow in their minds they…a wall between well one part where they successfully apply it and other parts that to their minds is not so much related to the first part where they don't think of those concepts and the special features of those concepts, so there is an author from Parera that author said a division of systems in the minds and you have to link those systems or those contexts to each other to make the…make a bridge for the concepts to be applied in the other context.

And how do you as a teacher support this transfer in a PLON-unit, in a thematic unit?

We hoped to do that by bringing the basic concepts to a higher degree of generality, or abstractness and to link them to different kind of contexts so that the student knows, well this basic concept is a general one and if he/she meets a new context where it was never applied it maybe that they could think of: oh, that might be a new field of application for this concept.

So first the generalization of the concept and then applying it in different contexts.

And then give them a new context where they have to apply it.

But it was done so in a thematic unit as well, because in the second phase I first present the concepts in a generalized way.

I´m talking about systematic units.

But I don't understand why…what you just said about the generalization of concepts. Why wasn't it fulfilled here in the second phase? Here I presented basic concepts as well. That was also generalization.

Yes, but for instance in the energy-unit with the generalization of the theme was generating power and using power etc. so all the contexts used here were context of using energy as a useful thing to do something and falling down and that kind of things were not in this unit. So that were really…because they were not related to the theme. So, there are two kinds of generalization, one is within the general theme and the second is, and that is done in the thematic unit, and the second is outside the general theme and that is done in the systematic.

This part here

- new concepts are more easily integrated into the pupils´ intricate network of relations and associations;

How was this integration realized or supported in a PLON-unit? At the beginning we talked about the preknowledge and they had different concepts and how do I support the integration of new concepts I presented here in the second phase?

Yes, the idea here was if you in a thematic unit there is some kind of problem and this problem asked for a new, to solve the problem it asks for a new concepts and so it is easy, or possible for students to understand the new concept within the general theme.

So the integration you talked here about was merely that students had a need to know more. That was the positive aspect of thematic units?

Yes.

And then this part here

- the retrieval process is facilitated: the relation between the physics concepts and familiar problems posed in a thematic unit provides the nodal points for selection of the physics needed for the solution of new problems;

I think now I understand: because of the context I presented here (first phase) the students have an idea what they need to know, so that was meant here, or?

Yes.

Then this part here

[…] another aim of pre-university physics is to give pupils insight into the systematic structure of physics itself. This is why, in addition to the thematic, context-centred units, another kind of unit (´block´) was developed.

You talk about that blok-units or these systematic units were needed to give an insight into the systematic structure of physics itself. I studied the unit Ionising Radiation as an example for a PLON-unit and when I studied it the basic knowledge and skills part were rather physics only physics. It was what is half-life, what is dose and so on. So why is this not the systematic structure of physics?

Well, of course you use the systematic structure of physics but it is not the goal in itself. The goal is to understand why radioactive materials are dangerous and why do we have to be careful to handle them and why they are useful in some context to do but its purpose is not how is physics build itself.

So the systematic unit is the other way round: physics as itself and then applying the physics.

Yes. And we think because of those systematic units were for our pre-university students, they have to know more about the structure of physics and for instance the Ionising Radiation were used for those students as well, but it was developed for a lower degree, for nit so high ability students.

So, if you could say it in one phrase: Why were systematic units needed? What was the problem behind it?

They are needed to give students an insight in the structure of physics, so in abstract physics to make the concepts versatile to have a good transfer from the context were it was learned, it was developed by the students to new contexts.

What about the learning outcome of systematic units? Was it better?

Well, that is part of my studies has been and in fact there were problems, they were not solved as we had thought it would be.

It was not better, or?

Well, it was…the things I did was not a comparison between those ones you have a systematic and not systematic units, so I can't say something about one group doing better then the other. But I studied the process of concept-development of the students in the class and they were still facing some, some problems that I hadn't expected.

What were the problems?

Well, what I infect…I saw that when the students were in the classroom and they were making some…they were thinking in terms of gravitational energy etc. but when you brought them in other for them surprising context and you were ask them questions about, ask them questions in which gravitational energy was useful, they forgot to apply it and they were still thinking as if, well things the foreign things got energy and used them to go up and the idea of conservation of energy in terms of gravitational it was not there. So that was very surprising for me for they were not bad in making all these sums, their scores were rather high but in those special cases they didn't think of gravitational energy.

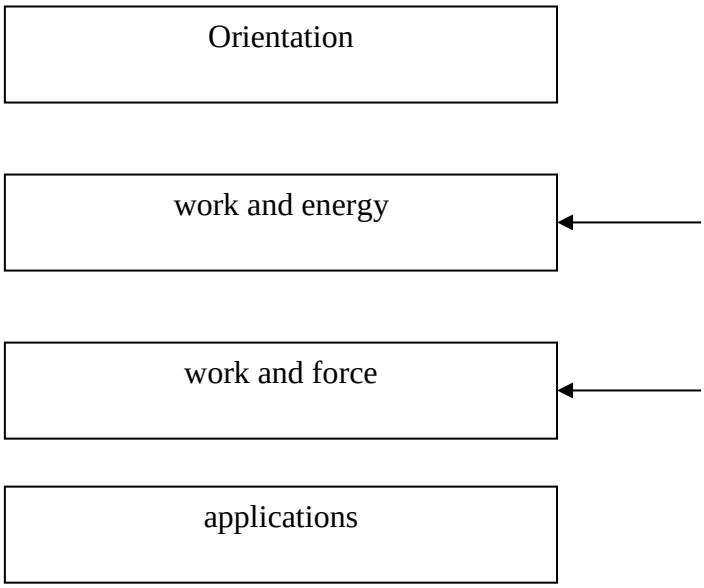
And what about, when you asked your students to apply the concepts you presented to them in a general way in different contexts?

Yes, if you say well you have to apply it there and there and you already say, well use gravitational energy then it is no problem. But when you say we have a problem and solve it and they have to think themselves of gravitational energy they forgot it to apply and that is in fact the things we are talking about now are let's say more qualitative things and for them energy is very much quantitative, so if you asked to calculate something then it was easier there is somehow we had the idea of there are some took kinds of qualitative the easy qualitative things and there are some qualitative reasoning that is beyond the quantitative reasoning.

Could you please draw the structure of such a systematic unit?

I think you have an orientation again, what is the problem and that say something far…we have had energy or work in many, in different contexts and now we want to know how is the

relation between for instance work and energy. And work and force and then you get in this case work and energy and work and force and then you…here are many applications.



So here I develop the concepts?

Yes, the concepts here are partly developed here there is another aspect of it and then…

Here I have different applications where I can use…

Here you also have applications but they are just well, let's say simple ones and these are complicated ones. And in fact what we tried is if you look at the complicated sums in for instance our examinations you have a situation and then it says a, question b, question c and question…and then some kind of an end-question that is really the core of it, so you are helped towards the solution. And we said well, that is not a good structure that says well you have some kind of a situation, you have a problem and you have to think of the steps in between coming from…

Who formulates this problem?

It is formulated in the material.

And where is here pre-knowledge of the students integrated?

Well, partly here because of the…what are we going to work on and partly here at the start of a chapter here.

Pre-knowledge in the meaning of: what do you know until now?

Yes and it is rather structured.

You mentioned here a problem and you wrote in this article: problem-solving abilities you develop in such a systematic unit. I'm not sure why I don't develop problem-solving abilities in a thematic unit?

Yes, you do of course but then the problem is limited to the theme of the thematic unit. And here in fact what we, what we in fact wanted, you say this is a problem and you have to figure out yourselves should I solve it by taking the idea of force or kinematic or dynamics or energy.

My last question is about the "spiekbriefje". Let us think about the "spiekbriefje" the students write during a thematic unit. Where do you think our students start to write the "spiekbriefje"?

I think over there (second phase) *they start to write.*

And when do they stop?

Yes, that is a good question. Probably the easy answer is it depends of the students.

And in general?

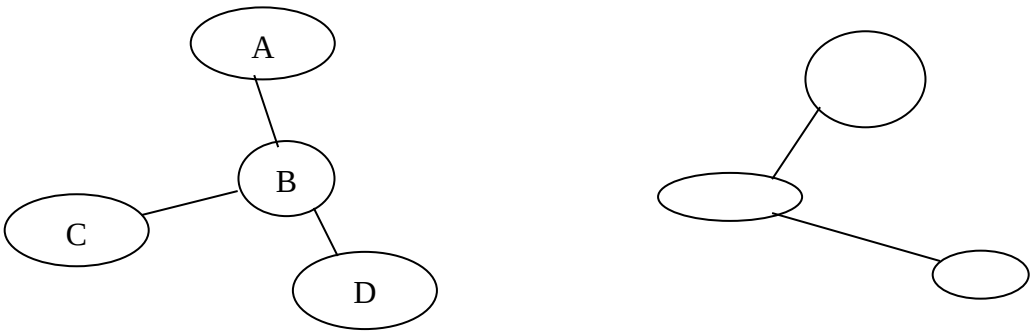
Well, I think they are inclined to stop after this (second phase) *but the optional part and the "broadening and deepening" they are rewriting it somehow.*

In which way? I also thought when I studied it that they begin and end in the second phase. And that would mean that there would be no concept-development during the unit, that the concepts I presented to them here (second phase), they write down on a "spiekbriefje" and there is no, obviously no concept-development.

Within this part (second part) *there can be a concept-development as well, but somehow restructuring is taken place.*

Restructuring. What do you mean with it?

Well, let's say if you are starting here with some concepts, new concepts and there are related concepts and again there is something added to it, then with restructuring you see well, the structure is not like this but it is more like this. There is another structure than the way I learned it.



But that is what I meant before. In the second phase I present my structure I have in mind as a teacher, now they are going to this phase (third phase) and this phase (fourth phase) applying the concepts they have learned. And what you said is the structure might be different, but this is a kind of transfer, I think, that the transfer this structure into a new one.

That is not a transfer, a transfer is…the structure itself is transferred from one situation to another, it is really structuring something different happening there. And this structure is the students structure. And maybe that the teacher here already wants to transfer another kind of structure but that is not…

But the new structure after this fourth phase would be limited to the context?

For most students, well there maybe some already more able ones, but in principle it is limited there.

So that might be a change in the "spiekbriefje" after the fourth phase, that they changed in this way?

Yes.

F. Ein Blick in die Praxis – zum didaktischen Ansatz von „Chemie im Kontext“

Interviewpartner 1: Leiter einer lokalen CHiK-Arbeitsgruppe bestehend aus 16 KollegInnen aus neun Schulen (Gymnasium, KGS, IGS) motiviert durch die Tatsache, dass der Mittelstufenunterricht als nicht zufriedenstellend empfunden wurde (s. S. 1, Z. 8 ff.).

Interviewpartner 2: Persönliche Einbindung in das „Chemie im Kontext“-Projekt (s. S. 1, Z. 3-23): Die Interviewpartnerin war von 2002 bis 2005 wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Dortmund bei Herrn Prof. Dr. Ralle und hat in diesem Zusammenhang Sets in Baden-Württemberg, im Saarland und in Nordrhein-Westfalen betreut und war von 2005 bis 2008 Koordinatorin für Nordrhein-Westfalen. Die Motivation zur Teilnahme an dem Projekt ergab sich zum einen bereits aus eigenen Erfahrungen im Referendariat, in dem die Interviewpartnerin bereits dort „Fachinhalte in Rahmenhandlungen“ einpasste sowie aus einer mehrtägigen Fortbildung bei Herrn Prof. Dr. Ralle zu „Chemie im Kontext“.

Interviewpartner 3: Involviert in das Projekt ist die Interviewpartnerin durch ihre Mitarbeit in den Sets in Hannover sowie anschließend in Stolzenau (s. S. 1, Z. 12-14).

Interviewpartner 4: Mitgestaltung des Anfangs des „Chemie im Kontext“-Projekts während der Promotionszeit durch Entwicklung von Unterrichtseinheiten und Überlegungen zur methodischen Ausrichtung. Seit ca. drei Jahren Mitarbeit in einer regionalen Arbeitsgruppe, in der neue Einheiten entwickelt wurden und bestehende den individuellen Bedürfnissen der eigenen Lerngruppen angepasst wurden (s. S. 1, Z. 5 ff.).

Interviewpartner 5: Involviert war die Interviewpartnerin durch ihre Tätigkeiten an der Universität sowie am IPN in Kiel, wo sie zusammen mit Prof. Dr. Ilka Parchmann erste Einheiten für die Sekundarstufe I entwickelt hat und auch persönlich umsetzte. Ebenso war sie Leiterin eines Sets innerhalb des BMBF-Projekts (s. hierzu S. 1, Z. 6-11). Zur Teilnahme motiviert hat sie die Fragestellung nach der Sinnhaftigkeit des fachsystematischen Unterrichts in der Sekundarstufe I, nicht nur durch die SchülerInnen selbst, sondern auch die eigene Infragestellung der Bedeutung des Unterrichteten.

Interviewpartner 6: Koordinator eines Sets in Niedersachsen.

Interviewpartner 7: Involviert als Koordinator der ersten Sets in Niedersachsen, Promotion im Rahmen des Projekts, sowie eigene Erfahrungen als Lehrer (s. hierzu S. 1, Z. 3-19). Das Interesse an dem Projekt entwickelte sich während der zweiten Staatsexamensarbeit des Interviewpartners zu der Thematik, woraus auch eine Anstellung als wissenschaftlicher Mitarbeiter am IPN in Kiel resultierte, wo er zweieinhalb Jahre zusammen mit Prof. Dr. Ilka

Parchmann arbeitete und ihr anschließend nach Oldenburg folgte. Während dieser Zeit betreute er Lehrerarbeitsgruppen in Hessen, Brandenburg und Berlin. Zudem arbeitete der Interviewpartner auch an einem Kapitel des entsprechenden Lehrbuchs („Chemie im Kontext“ Cornelsen Verlag 2006) mit (s. hierzu S. 1, Z. 3-14).

F.1 Interviewpartner 1:

Erläutern Sie bitte, inwiefern Sie in das „Chemie im Kontext“-Projekt involviert waren und was Sie zur Teilnahme motiviert hat.

Inwiefern ich involviert war?

Ja.

Zur Zeit leite ich noch eine lokale ChiK-Arbeitsgruppe, bestehend aus 16 Kolleginnen und Kollegen, die insgesamt von neun Schulen (Gymnasien, KGS, IGS) kommen. Und Motivation habe ich aus der Tatsache geschöpft, dass der Mittelstufenunterricht nicht so richtig zufriedenstellend verlaufen ist, jedenfalls aus Sicht meiner langjährigen Erfahrung.

Könnten Sie das näher ausführen, was Sie damit genau meinen?

Meine Ansicht über den Mittelstufenunterricht wird unterstützt von Stork und anderen, in deren Veröffentlichungen schon in den achtziger Jahren über den geringen Erfolg des Unterrichts in der Mittelstufe berichtet wird.

Ja.

Diese Untersuchungen und meine Erfahrungen gaben den Ausschlag, da an den Inhalten des Unterrichts etwas verändern zu wollen.

Würden Sie bitte die typische Struktur einer „Chemie im Kontext“-Einheit erläutern?

Mit, Begegnungsphase, Neugierphase einschließlich Planungsphase, Erarbeitungsphase und dann abschließend die Dekontextualisierungsphase. […]

Könnten Sie mir bitte dazu einen Einblick geben, wie Sie die Übergänge zwischen diesen unterrichtlichen Phasen in ihrem Lernprozess sehen?

Übergänge sollten geschmeidig und transparent sein, das ist eine grundlegende Anforderung, das heißt, die Gruppe sollte verstehen, was jetzt als nächster Schritt von ihr verlangt wird, oder sie selbst sollte diesen sogar im optimalen Fall einfordern.

Das heißt in der ersten Phase, der Neugier- und Begegnungsphase, konfrontieren Sie die Schülerinnen und Schüler mit dem Kontext?

Mit dem Sachverhalt, genau, mit dem Kontext, ja.

Wie sehen Sie dort Ihre Rolle als Lehrperson?

Eher als Sammler und Moderator, so wie in anderen Phasen auch, aber da besonders natürlich als Sammler von Schülerideen und Schülervorstellungen.

Was ist […] der motivationale Aspekt zum Übergang von der Neugier- und Begegnungsphase in die Planungsphase? Was ist die Motivation für die Schüler?

Im Prinzip ist das ja ein hoher Anspruch, diese aufgeworfenen Probleme, die da sich im Rahmen des Kontextes ergeben haben, dann auch lösen zu wollen.

Das heißt, ich setze voraus, dass meine Schüler sich mit dem Problem identifizieren können?

Genau.

Der Übergang von der Planungs- in die Erarbeitungsphase, was ist dort die Motivation für die Lernenden?

Das, was ich eben gesagt habe, gilt auch für diesen Übergang, jetzt kommt aber noch als Motivation hinzu, im Grunde genommen das, was sie schon mal gelernt haben, in gewisser Weise anwenden zu wollen.

Und der Übergang von der dritten zur letzten Phase?

Auch wieder die Frage nach der Motivation?

Ja.

Ja, ich denke schon, dass Schüler die motiviert sind, die behandelten Inhalte, einüben und vertiefen wollen. […] *Sie sind motiviert, Strukturen zu entdecken und vor allen Dingen dann am Ende die Inhalte beherrschen zu wollen.*

Diese Strukturen entdecken und einzuüben, wie sieht solch eine letzte Phase bei Ihnen im Unterricht konkret aus?

Indem wir die Fachinhalte vom Kontext lösen und versuchen sie zu strukturieren, um dann die Inhalte festzuhalten, die anschließend langfristig gelernt werden sollen.

Und wie sieht dort Ihre Rolle als Lehrperson aus?

Bereitstellung von Materialien, Aufgaben und natürlich Rückmeldung geben über den Erfolg des entsprechenden Lernprozesses.

Das heißt, die Strukturierung der zu lernenden Inhalte, wird weitgehend von den Schülern getragen?

Ja. Das ist möglich.

Findet in dieser vierten Phase auch eine erneute Rekontextualisierung in Ihrem Unterricht statt?

Ja, vermutlich wird man ja neben der Festigung der rein fachlichen Inhalte auch noch das Fachliche auf andere Beispiele übertragen, so dass also dann wieder neue kleinere Kontexte zum Tragen kommen.

Das heißt Sie führen durchaus neue Kontexte ein, an denen noch mal das geübt werden kann, was bereits erarbeitet wurde?

Ja, aber nicht am Ende jeder Einheit, das ist klar, sonst wird man das Arbeitsprogramm nicht schaffen.

Wir haben schon viel von Kontext und den zu erlernenden Fachinhalten gesprochen. Könnten Sie etwas sagen, wie Sie die Beziehung sehen, zwischen Kontext und zu erlernendem Konzept?

Also im Prinzip zielt die Frage so ein bisschen auf die Wertigkeit zwischen Beidem ab, glaube ich. Beides ist im Prinzip gleichwertig für den Unterricht, nicht für die Fachwissenschaft, da ist natürlich der fachliche Teil wichtiger, aber für die Vermittlung in der Schule sind beide Aspekte schon gleichwertig zu sehen.

Wenn ich noch mal konkret nachfragen dürfte, gibt es eine Beziehung zurück zum Kontext sobald das fachliche Konzept erarbeitet wurde?

Das heißt also, ich muss da noch mal rückfragen, dass nach der Dekontextualisierung noch mal der Kontext rückwirkend betrachtet werden sollte?

Ja.

Im Prinzip ja, um den Lernweg noch einmal zu reflektieren.

Wie sieht die Gewichtung dieser vier Phasen in Ihrem Unterricht konkret aus? Wie viel Prozent Ihrer Unterrichtszeit verwenden Sie auf die erste Phase?

Das ist schwierig zu sagen, die erste Phase nimmt nur einen relativ geringen zeitlichen Anteil ein. Die Hauptphase ist eigentlich die Phase, in der die Inhalte erarbeitet werden.

Könnten Sie das so ungefähr sagen, wie viel Stunden Sie für was…

Das ist schwierig. Das hängt ja so ein bisschen auch von den Einheiten ab, wie ausgedehnt die sind, also ich versuche es mal in Prozentzahlen. Ich denke , das ist jetzt aber wirklich pi mal Daumen, also 50 % für die Erarbeitungsphase, dann haben wir 10, ja vielleicht 10-15 % Planungsphase, dann davor Neugier- und Begegnungsphase 5-10 % und der Rest wäre dann die Zeit für Dekontextualisierung und Vertiefung .

Also ungefähr noch 20 %.

Ja.

[…] Was waren die positiven Aspekte dieses neuen Ansatzes, verglichen mit der klassischen Unterrichtspraxis?

Erstens, dass die an der Schule vermittelte Chemie eine andere Struktur bekommt, als die an der Hochschule vermittelte. Das ist sozusagen ein zentraler Aspekt. Deshalb sind die Basiskonzepte auch sehr wichtig. Zweitens lassen sich im neuen Ansatz viel besser Schülervorstellungen berücksichtigen bzw. spielen dort überhaupt eine zentrale Rolle.

Wo gab es Probleme und Schwierigkeiten, insbesondere im Hinblick auf den Lernerfolg der Lernenden?

Ein ernst zu nehmendes Problem ist, dass für die Lernenden natürlich immer nur der Kontext sehr wichtig ist und sie deshalb auch den Unterricht immer nur aus dem Kontextblick sehen. Das muss man verhindern.

Sie sprachen die vierte Phase als eine Phase der Dekontextualisierung an.

Ja.

Warum ist Ihrer Meinung nach eine solche vierte Phase notwendig?

Ja, um eben letzten Endes die Strukturen, also die Vernetzung von Basiskonzepten zu reflektieren und um die entsprechend fachlichen Ergebnisse zu sichern. Es müssen fachliche Ergebnisse gesichert und eingeübt werden und dazu dient diese Dekontextualisierungsphase, in der deutlich werden muss, dass mit dem Kontext auch Fachinhalte vermittelt wurden.

Im Zusammenhang mit dieser letzten Phase sprachen Sie auch davon, dass Sie zum Teil neue Kontexte den Schülern präsentieren, um darin noch einmal zu üben. Gibt es dort Schwierigkeiten der Lernenden, das heißt gibt es dort Probleme im Hinblick auf Transfer?

Ja, wie bei jedem Transfer sind die Gruppen natürlich gefordert, die Fachinhalte zu beherrschen, um sie auf neue Situationen anwenden zu können.

Wie sieht dieses beherrschen Ihrer Meinung nach aus? Das heißt, was könnten die Ursachen für dieses Transferproblem der Lernenden sein?

Einmal ist es mangelndes Verfügungswissen, was also in verschiedenen Bereichen deutlich wird und mangelndes Handlungswissen. Eine Ursache für das fehlende Wissen ist, dass den Schülern vorher nicht klar gesagt wurde, was letzten Endes sie in bestimmten Situationen ohne Aufzeichnungen beherrschen müssen. Auch die inhaltliche Struktur muss im Grunde genommen den Schülern klar sein, Der Kontext muss letzten Endes bestimmte Strukturen vermittelt haben, damit man das strukturelle Gebäude dann auf ein neues Problem anwenden kann. Der kontextorientierte Unterricht muss also Einzelfakten sinnvoll miteinander zu einem Gesamten verknüpfen, damit Schüler eine Transferaufgabe lösen können.

Die Verknüpfung dieser Einzelaspekte, oder der einzelnen Fachinhalte zu einem Gesamtkonzept, das sollte ja in der vierten Phase stattfinden, liegt das Problem darin ein flexibles Gesamtkonzept als Lernende zu erreichen, so dass sie es flexibel in dem neuen Kontext anwenden, oder ist das Problem vielmehr darin zu sehen, dass ihnen der Überblick fehlt über das alles?

Sowohl als auch. Also ich denke, es sind eigentlich beide Aspekte, die eine Rolle spielen. […] / *[…] Für die Schüler ist es wichtig, dass der Unterricht nicht beim Kontext stehen bleibt, das heißt also kontextorientierter Unterricht wird nicht erfolgreich sein, wenn er diese letzte Phase weglässt.*

Das heißt sie begegnen dem Transferproblem, was immer unterschwellig wahrscheinlich vorhanden sein wird in einem Lernprozess, indem sie die Fachinhalte vom Kontext extrahieren…

Ja.

Eine Konzeptstruktur gemeinsam mit den Lernenden entwickeln, so dass sie diese in neuen Kontexten anwenden können.

Genau, das heißt also, optimal läuft es dann, wenn man die Lernenden auffordert, rückblickend noch einmal die Fachinhalte, die in der Kontexteinheit abgehandelt wurden, zu reflektieren und sie zusammenzustellen, um sie anschließend zu strukturieren und damit verfügbar zu machen für Anwendungssituationen.

Ein solches Konzept-Netzwerk, was sie dort ansprechen, welches ja in der vierten Phase quasi noch einmal zusammengetragen wird, verstehen Sie das als statisch, so dass es analog, also eins zu eins auf einen neuen Kontext übertragen werden kann, oder sehen Sie es eher als flexibel an, was sich von Kontext zu Kontext ändert.

Wenn der kontextorientierte Unterricht erfolgreich war, dann haben die Schüler die Prinzipien im Rahmen der Basiskonzepte kennengelernt und damit auch den nötigen flexiblen Umgang mit chemischen Fachkenntnissen, so dass dann also auch ein Transfer gelingen müsste. […] *Das heißt also, eine Kontexteinheit sollte nicht mit starren Regeln enden, weil die dazu führen könnten, dass die eben gelernten Inhalte nicht übertragen werden können, sodass das Transferproblem nicht gelöst werden kann.*

Also wichtig ist auch eine Rekontextualisierung?

Ja. Es kommt drauf an, wie man diese Phase gestaltet. Wünschenswert ist, dass man sich einen Kontext mit vergleichbaren Inhalten ansieht und daran erneut versucht, die aufgeworfenen Fragen zu klären.

Nun findet ja kontextbasierter oder kontextorientierter Unterricht Begründung auf der Grundlage situativer Lerntheorien. Wie können Sie diese vierte Phase der Dekontextualisierung begründen auch mit Hilfe situativen Lernens?

Auch in dieser Phase muss situatives Lernen möglich sein, obwohl der Prozess der Aufgabenbearbeitung auch stark lehrerzentriert sein kann. Das heißt also, wenn man in diesem Fall auf eine kleine Kontexteinheit verzichtet, wird man sich einzelnen Aufgabenbeispielen zuwenden, um die darin enthaltenen Probleme zu lösen und in diesen Fällen bleibt manchmal für den situativen Lernprozess nicht viel Freiraum. Trotzdem muss es möglich sein, bei der Bearbeitung von Problemen verschiedene Lösungswege und damit auch ansatzweise situatives Lernen zuzulassen.

Für wie sinnvoll erachten Sie es, […] dass Sie statt einer Dekontextualisierungsphase die Schüler vielmehr mit neuen Kontexten konfrontieren, so dass sie quasi gefordert werden, das Erarbeitete immer wieder in neuen Kontexten anzuwenden, also gar keine Phase der Dekontextualisierung zu machen, sondern neuen Kontext?

Ich will nicht von vornherein bestreiten, dass das möglich ist, ich bin nur skeptisch , ob es gelingt. Ich habe schon gesagt, dass man im Kontextunterricht sehen muss, ob die Basiskonzepte und die mit ihnen verbundenen Vernetzungen und fachlichen Strukturen auch entsprechend vermittelt wurden. Es kann zur Verwirrung bei Schülern führen, wenn unmittelbar nach einer Kontexteinheit der nächste Kontext wieder aufgemacht wird, weil dann die Ergebnisse überhaupt nicht reflektiert werden.

Also Sie meinen, es ist schon notwendig diese vierte Phase, in der Weise, wie Sie sie beschrieben haben zu gestalten?

Ja, ich finde sie notwendig um eben letzten Endes ein strukturiertes Gebäude der Chemie zu entwickeln. Ich meine nicht die Struktur der Hochschulchemie, sondern die Strukturierung nach den Basiskonzepten. Die letzte Phase muss deutlich machen, wo wir überhaupt aus der fachlichen Perspektive stehen.

[…]

F.2 Interviewpartner 2:

Erläutern Sie bitte, inwiefern Sie in das „Chemie im Kontext“ –Projekt involviert waren und was Sie zur Teilnahme motiviert hat.

Also ich war im ersten Projekt von 2002 bis 2005 Koordinatorin hier an der Uni Dortmund bei Herrn Professor Ralle als wissenschaftliche Mitarbeiterin angestellt und hab´ in diesem Zusammenhang die Sets Baden-Württemberg, in Baden-Württemberg, im Saarland und in NRW betreut und in der zweiten Runde von 2005, nein quatsch, da war ich Setbetreuerin, jetzt komme ich schon selber durcheinander, Setbetreuerin und von 2005 bis 2008 war ich dann offiziell Koordinatorin für das Land NRW. Was mich dazu bewogen hat, liegt darin, dass ich während schon des Referendariats und kurz danach eigentlich an solchen Konzepten sehr viel Spaß hatte und da ich damals „Chemie im Kontext“ noch nicht kannte, ich hab´ das immer genannt, also meine Fachinhalte in Rahmenhandlungen einpassen. Ich hab´ z. B. damals schon Organik, obwohl es ganz stink normal als Organik war, als „Chemie an der Tankstelle“ dann gemacht. Und dann hatte ich 2001, glaube ich war das, eine Fortbildung bei Herrn Ralle mitgemacht zu „Chemie im Kontext“, eine dreitägige Fortbildung über die GDCH. Ja und das hat mich dann richtig begeistert und damals hatte mich dann Herr Ralle und Frau Parchmann gefragt, ob ich nicht Interesse hätte an dem Buch mitzumachen und über diese Schiene bin ich dann eben mit Herrn Ralle bekannt geworden, der mich dann im Jahr darauf fragte, ob ich nicht Lust hätte für drei Jahre dann eine halbe Stelle an der Uni als wissenschaftliche Mitarbeiterin anzunehmen. So bin ich da dann in diese, in dieses Projekt reingerutscht.

Sie sprachen gerade schon von der Einbindung oder Einbettung der fachsystematischen Inhalte z. B. der organischen Chemie wenn es um, ja die „Benzingeschichten“ geht, also um Treibstoffe.

Ja.

Könnten Sie in dem Zusammenhang einmal beschreiben, wie Sie den Zusammenhang zwischen Kontext und fachsystematischen Konzept sehen?

Also der Kontext ist für mich grundsätzlich der Anlass, um sich überhaupt mit einem chemischen Thema zu beschäftigen. Ich denk´ mal, wenn ich nicht in irgendeiner Weise sehe wo das ganz einen Sinn macht, dann gibt es zwar auch Schüler, die durchaus auch einfach das lernen, was man ihnen vorsetzt, aber dann habe ich vielleicht die Möglichkeit auch eine größere Menge an Schülern zu motivieren sich mit dem Fachinhalt zu beschäftigen. Und dann nutze ich wenn ich so will den Kontext als Vehikel um den Fachinhalt den Schülern nahe zu bringen. Und das nächste, was ich als Vorteil darin sehe ist, wenn es darum geht z. B. das vernetzende Wissen zu schulen, dann hab´ ich einfach die Möglichkeit über einen nächsten Kontext zu gucken, haben sie das, was sie da gelernt haben verstanden, können sie damit umgehen und so ist das also einmal dass der Kontext der Anlass ist sich, ja mit dem Thema zu beschäftigen, einen Fachinhalt mit sinnvollen Argumenten den Schülern nahe zu bringen und später dann zu zeigen, kann ich das, was ich da gelernt habe anwenden.

Noch einmal zurück zu dem Aspekt, den Sie gerade ansprachen, zu dem Vernetzen des Wissen und die Bedeutung eines nächsten Kontextes. Nach einer Kontexteinheit, verstehe ich Sie da richtig, dass Sie noch mal einen neuen Kontext den Schülerinnen und Schülern geben, damit Sie darin noch mal das, was sie zuvor gelernt haben, anwenden können?

Ja, wobei ein neuer Kontext dann nicht mehr im Sinne einer Einheit, sondern ich versuche Aufgaben zu entwickeln, wo das, was man gelernt hat dann in einem neuen Kontext auftaucht. Beispielsweise haben wir für die Sekundarstufe eins eine Unterrichtsreihe entwickelt, die geht zu Sportgetränken und da geht es um Ionen und Ionenbindung und dann geht es um die Ionen die da drin sind u. a. Natrium-Ionen, Chlorid und so weiter, Kalium, Magnesium. Dann gibt es hinterher am Ende eine Aufgabe einmal eine zum Iodid, „Iodsis 2000" heißt das, das ist ein Schilddrüsenmedikament und da ist Natriumiodid drin. Und da geht es dann auch wieder darum, zu erkennen, dass das eben ein Salz ist, wie das zusammengesetzt ist, dass das Salz eine Funktion für den Menschen hat und dasselbe gibt es mit einer Aufgabe zu Natriumflourid in Zahnpasta. Flourid-Ionen für Zähne. Das heißt das ist jetzt hier für achtes Schuljahr auf einem einfachen Niveau, aber da geht es eben darum zu erkennen, das was ich über die Ionenbindung gelernt hab´ über die Salze, das da wieder anwende und dass ich eben, ja für die Schüler ist das ja ein neuer Kontext, für die hat Zahnpasta nichts mit Sportgetränken zu tun, aber ja im Prinzip können sie das, was sie da bei den Sportgetränken gelernt haben, da eben wieder genau an der Stelle wieder einsetzen und das möchte ich wissen, ob die das können, ob sie wirklich nur auswendig gelernt haben für den Test, oder ob sie wirklich verstanden haben, worum es geht.

Das heißt, Sie fordern dort Transferleistung von den Schülern?

Ja.

Gibt es dort auch durch ihre Erfahrungen als Setbetreuerin, gibt es genau an dieser Stelle Probleme und Schwierigkeiten?

Wie meinen Sie das jetzt? Das die Schüler die Probleme haben, oder die Kollegen, die Probleme haben?

Nein, die Schüler.

Ja, das kann ich im Moment, ja nur eingeschränkt sagen. Als wir im ersten Durchgang als Setbetreuerin war, haben wir uns um diese Dinge erst mal keine großen Gedanken gemacht, zumindest in den Sets, in denen ich war. Da ging es darum Einheiten zu konzipieren. Da wurde das zwar auch schon angedacht, weil es immer wieder darum geht: haben meine Schüler alles gelernt, was sie lernen sollen, aber z. B. Thema Aufgabenentwicklung war damals überhaupt noch nicht so, ja da hat man noch nicht so drüber nachgedacht. Genauso wenig wie damals die Basiskonzepte noch gar nicht so im Mittelpunkt standen, das hat sich, in meinen Augen zumindest, erst in den drei Jahren des ersten Projekts entwickelt, dass man gesehen hat, dass man die Basiskonzepte auch einen sehr, sehr hohen Stellenwert haben und das es wichtig ist die den Schülern transparent zu machen. Und jetzt in meinem zweiten Durchgang, da habe ich halt nicht mehr die Bundesländer, sondern nur noch mein Set in NRW, da war uns das schon auch ein großes Anliegen Aufgaben zu entwickeln. Das haben wir ja dann auch nach dem ersten Jahr versucht zu jeder Einheit Aufgaben zu entwickeln, zur Diagnose und dann eben auch zur Bewertung. Und da ist das dann schon in den Fokus gerückt und dann haben wir eben auch gesehen, dass die Schüler Schwierigkeiten haben, solche Fragen zu beantworten.

Was könnten die Ursachen für diese Schwierigkeiten der Lernenden sein? Was denken Sie?

Also ich glaube, dass ist eine Art der Gewohnheit, wie man Aufgaben gestellt kriegt. Wenn die Schüler ständig nur gewohnt sind, dass bei ihnen, gerade in der Sek. eins, so normal

Wissen abgefragt wird, die lernen das dann z. T. auswendig und die versuchen es nicht zu verstehen. Und ich behaupte mal, es ist eine Behauptung, kann ich nicht beweisen im Moment, wenn man anfangen würde von Klein auf, sprich schon in der Grundschule aber zumindest hier auf der weiterführenden Schule, ab Jahrgang fünf die Schüler darauf zu trainieren nachzudenken, also da schon anfangen mit solchen Aufgaben im Kleinen, dass man die daran gewöhnen würde, solche Aufgaben zu lösen. Das ist so die eine Sache. Ich kann, also für mich sind das im Moment Experimente, ich probier das in meiner Fünf aus, inwieweit die in der Lage sind eben das, was sie lernen dann auch auf kleine Problemstellungen anzuwenden. Und das andere ist ich glaube, dass diese Basis, dass diesen Basiskonzepten eine sehr große Bedeutung dabei zukommt. Also ich kann nur sagen was ich jetzt feststelle in meinem siebten Schuljahr, da hab´ ich Chemie und da führe ich das noch nicht offen als Basiskonzepte ein, aber das sind dann eben immer so Merksätze, aber es läuft darauf hinaus, dass ich eben dieses Stoff- Teilchenkonzept und Struktur-Eigenschaftsbeziehungen jetzt im siebten Jahr schon sehr stark thematisiere und dann auch Aufgaben dazu mache, z. B. hatten wir Aggregatzustände und im Rahmen von Getränken, Stoffmischungen und so, gab es auch extra Aggregatzustände und am Ende hatte ich eine Aufgabe, da ging es darum, das war ein Experiment. Wenn ich Nagellackentferner in so ein, ja wie heißt das, in so ein Nachfüllbeutel, der leer ist packe, verschließe, dann sieht es ja aus, so ein bisschen Nagellackentferner, als ob da noch gar nichts drin ist und dann lege ich den auf heißes Wasser und dann sollten die erst eine Hypothese entwickeln, was sie glauben, was dann passiert und das konnten die, das konnte der Großteil sagt das bläht sich auf, das platzt, also das kam von vielen und dann ging es darum, dann haben wir das gemacht, dann sah man, dass es wirklich so war, dann ging es darum das zu erklären. Und da kann ich einfach überprüfen, hat jemand dieses Teilchenkonzept verstanden.

Ja.

Und ich versuch´ die jetzt schon drauf zu trimmen, dass sie drüber nachdenken, wenn sie eine Stoffeigenschaft sehen, sich Gedanken machen, was heißt das auf Teilchenebene. Und das ist jetzt in der siebten Klasse schon so, dass sie an solchen Aufgaben das eben wirklich auch schon, ja ein Stück verinnerlicht haben. Und ich hoffe, dass sie wenn die dann in Acht, Neun und Zehn sind, da einfach einen anderen Blick drauf kriegen, das heißt das ich nicht mehr so panisch dann gucke, wie geht das, sondern welches Konzept steckt hintendran, also ich hab´ hier eine Stoffeigenschaft, was sagt mir die Stoffeigenschaft über den Stoff und das sind eben ganz andere Lösungsmöglichkeiten haben mit solchen Aufgaben umzugehen.

Wenn ich sie dort richtig verstehe, sie sprachen ja vorhin von transparenten Basiskonzepten für die Lernenden. Würde das bedeuten, dass ich quasi nach einem, einer Kontexteinheit noch einmal die Basiskonzepte, die reinen Fachinhalte zusammenfasse, damit das den Schülern transparent ist und sie diese rein fachsystematischen Inhalte in einem neuen Kontext anwenden können?

Ja, das halte ich für ganz wesentlich. Das haben wir im ersten Durchgang erst, also in meinen Sets erst spät bemerkt, dass es wichtig ist, dass die trotzdem noch mal irgendwo sehen, was hab´ ich jetzt vom Fach Chemie gelernt und wie passt das zu dem Rest, den ich bisher schon kenne. Also ganz besonders kann ich mich noch erinnern an diese „Ötzi"-Reihe. Dann hab´ ich, da ging es ja um die Reduktion und dann hab´ ich die Schüler im Jahr drauf von meinem Kollegen übernommen und es war unglaublich, was die alles über den Ötzi wussten, aber von der Chemie, war das was da eigentlich war, da war eigentlich nichts vorhanden. Und das ist uns dann an mehreren Stellen aufgefallen, ich kann einen Fachinhalt, oder fachliche Inhalte, auch nur dann, also es geht ja drum dies zu verankern im Wissen der Schüler,

oder in der Erinnerung der Schüler, aber ich muss zwei Ebenen schaffen, einmal in den Alltagsbezug und einmal brauchen die auch einen Bezug dazu, wie sie das einordnen in das vorhandene Wissen.

Das heißt eigentlich haben sie meine Frage schon beantwortet, aber könnten sie noch mal konkret zusammenfassen, wie sie einem möglichen Transferproblem, oder Transferschwierigkeiten ihrer Schüler begegnen im Unterricht?

Ja, im Prinzip indem ich also diese Vierphasigkeit nutze erst mal mit einem Kontext vertraut zu machen, über den Kontext Fachinhalte zu erarbeiten und dann in der Vertiefungsphase noch mal ganz gezielt das, die Fachinhalte zu den Basiskonzepten, die schwerpunktmäßig angesprochen worden sind, herauszustellen und sie in Bezug zu dem zu setzen, was schon gemacht wurde. Und im Anschluss daran immer eine Aufgabe denen noch mal zu geben mit einem neuen Kontext, oder für die Schüler neuen Kontext, wo dieser Fachinhalt noch mal eine Rolle spielt und sie diesen Transfer leisten müssen.

Das heißt die vierte Phase, also die Vertiefungsphase ist quasi zweigeteilt zunächst eine Dekontextualisierung…

Ja.

…und dann noch mal ein Transfer, also die Anforderungen in einem neuen Kontext.

Ja.

Würden Sie, ich weiß, Sie haben es schon am Rande angesprochen, die Vierphasigkeit, würden sie aber bitte noch einmal die typische Struktur einer „Chemie im Kontext“ – Einheit erläutern?

Ja, das Ganze startet immer mit einer Begegnungsphase, das heißt die Schüler werden mit dem Kontext vertraut gemacht. Beispiel Sportgetränke, wir haben einen kleinen Lernzirkel, wo die Schüler die Stationen durchlaufen, da können sie mal Sportgetränke probieren, da sind Bilder zum Marathonlauf, da gibt es einen Testbericht von Stiftung Warentest und da sammeln sie Eindrücke und in der Neugierphase besprechen sie dann in den Gruppen ihre Eindrücke, sammeln Fragen, die sie dann zu dem Thema haben, in der Regel strukturieren sie das dann, dass sie dann so haben, welche Gebiete von Sportgetränken haben wir, es geht dann um Inhaltsstoffe, vor allem um Mineralstoffe, es geht um den Energiegehalt und so weiter. Meistens lasse ich dazu so was wie ein Mind Map anlegen, oder irgendeine Clusterung oder so, die dann auch während der Einheit im Klassen-, also im Chemieraum hängt, so dass man sich immer orientieren kann und dann arbeiten wir die Punkte ab. Das ist dann die Erarbeitungsphase da werden dann zum Beispiel bei den Sportgetränken einmal die Themen zur Energie, also warum, was passiert wenn ich Zucker esse, wie viel Energie muss ich hinterher wieder durch Sport verlieren, oder abtrainieren um, beispielsweise so ein Sportgetränk zu verarbeiten und da haben wir auch noch Aspekte der Katalyse drin, oder um Mineralstoffe, was sind das, wie sind die gebaut, was ist das besondere daran, so und dann am Ende der Erarbeitungsphase haben wir, die Themen, die wir in der Neugierphase ja entwickelt haben, beantwortet und in der Vertiefungsphase kommt dann, für mich die Dekontextualisierung, das heißt wir haben hier Basiskonzept Stoff-Teilchen, Struktur-Eigenschaftsbeziehungen, was haben die da gelernt, in dem Fall haben wir das in ein conceptmap gepackt, was für die Schüler eine echte Leistung war, haben so wirklich eine ganz Stunde dazu gebraucht Schlüsselbegriffe sinnvoll zusammenzustellen und dann haben wir

damals noch die Aufgabe mit dem Iod, oder was einige Kollegen auch gemacht haben, ein kleines Praktikum Vergleich Zucker, Salz und erklärt, warum ja die Eigenschaften dieser beiden Stoffe unterschiedlich sind und was wohl dahinter steckt.

Könnten Sie noch einmal etwas zum Verständnis der Rolle der Lehrperson in einem solchen Unterricht, oder in den spezifische Phasen sagen, also was ist die Funktion oder Rolle der Lehrperson in der ersten Phase und demgegenüber die Rolle der Schülerinnen und Schüler?

Ja also Rolle…Also der Lehrer nimmt sich da im Prinzip zunehmend weiter zurück. In der ersten Phase geht es darum der Lehrer, ja Moderator würde ich das nicht mal nennen, der ist einfach dazu da, den Schülern so eine Idee zu geben, wo sie erst mal Interesse entwickeln und überlegen was sie, was sie selber gerne wissen wollen. Da tritt der Lehrer eigentlich gar nicht in Erscheinung. In der Neugierphase ist er Moderator, hilft also, dass sie eine Struktur in ihr Thema reinkriegen, ja und dann kommt es drauf die einzelnen Module sind bei uns recht unterschiedlich, viele sind mit schüleraktivierenden Arbeitsformen, wie Gruppenpuzzle oder Kugellager, da stelle ich das Material bereit, da moderiere ich auch nur, oder greife nur helfend ein, da wo es nötig ist. Es gibt aber auch Phasen, die eben lehrerzentrierter sind, z. B. als es darum ging die Ionenbindung anhand eines Praktikums dann wirklich zu erarbeiten und zu erklären. Da läuft es dann zeitweise wie normal im klassischen Frontalunterricht, dass der Lehrer, ja eine zentrale Rolle einnimmt und eben, ja wie nennt man das dann, dass die Stunde da den Stundenverlauf eben strukturiert und stark beeinflusst und im Mittelpunkt steht und dann auch immer in den Phasen, wo es drum geht z. B. die Aufgaben wenn die gelöst sind und ich feststelle es gab an manchen Stellen große Probleme, dann muss ich das ja noch mal thematisieren und das sind ja auch noch mal Stunden, wo der Lehrer eben ja eine zentrale Rolle einnimmt und die Schüler eben eher eine Passivere in ihren Tätigkeiten.

Also in der, also in der Phase der Dekontextualisierung ist die Rolle der Schülerinnen und Schüler eher passiv?

Nein, nicht unbedingt. Wenn die z. B., wenn, ich mache mit denen die Zusammenfassungen lasse ich die machen, oder das Suchen. Also z. B. in so einem concept-map erstellen, dann haben die die Aufgabe noch mal zu gucken anhand ihres Mind Maps, was haben wir gelernt, Schlüsselbegriffe zu suchen, z. B. zur Ionenbindung und daraus ein concept-map zu machen. Da bin ich auch nicht im Mittelpunkt. Aber wenn ich hinterher sehe, also wir besprechen das und ich würde, und ich stelle fest die Beziehungen sind falsch, oder da gibt es irgendwie eine grobe Fehlvorstellung, dann habe ich immer wieder eine Stunde, wo ich mit denen ja im Lehrer-Schüler-Gespräch versuche da noch mal dranzugehen und eben an der Stelle das zu korrigieren.

Wie, könnten Sie noch etwas sagen zur Gewichtung der einzelnen Phasen in Ihrem Unterricht. Wie viel Prozent der Unterrichtseinheit verwenden Sie auf die einzelnen vier Phasen?

Also das Hauptgewicht liegt auf der Erarbeitungsphase. Ich würde mal sagen 70 % Erarbeitungsphase.

Wie viel Prozent der Einstieg, also die erste Phase?

Ja, das ist ein bisschen unterschiedlich, aber in der Regel sind das nicht mehr wie 10, 15 %.

Und die zweite Phase ebenso?

Ja, zusammengenommen, meistens, also ich finde, ich habe selber ein Problem das ganz trennscharf zu sagen an der Stelle ist die Begegnungsphase zu Ende an der Stelle fängt die Neugierphase an. Also das ist ein bisschen unterschiedlich, aber wenn ich jetzt die Gewichtung sehe, meinetwegen diese Einheit „Sportgetränke" hat insgesamt über 20 Stunden, 20-25 Stunden gedauert, je nach dem, was man alles gemacht hat. Da war die Einstiegsphase eineinhalb Stunden, die Neugierphase, also insgesamt zwei bis drei Stunden waren Neugier- und Begegnungsphase, es heißt ja zehn bis fünfzehn Prozent ist das in der Regel.

Und die, die restlichen 15 % sind noch mal für die vierte Phase der Vertiefung?

Ja, oder vielleicht eher, oder vielleicht nur 75 %, oder 65 % Erarbeitung und dann eben 20, 25 % Vertiefung. Das ist nicht generell, also das kann man nicht sagen für jede Reihe ist das so. Manchmal ist die Vertiefungsphase haben wir auch nur zwei Stunden gemacht. Einmal eine Zusammenfassung über die Fachinhalte und einmal noch irgendeine Aufgabe, oder ein Experiment noch mal das dazu kam, dass die auswerten mussten. Also das ist wirklich, kommt auf das Thema drauf an.

Was ist, mir kam es gerade vor, wie Sie die Phasen geschildert haben, dass die Motivation von der ersten zur zweiten und von der zweiten zur dritten Phase sich aus dem Kontext logisch ergibt für die Schülerinnen und Schüler. Doch wie sieht es aus mit der Motivation zur Vertiefung? Was ist dort die Motivation für die Lernenden von der dritten in die vierte Phase überzugehen?

Das kann ich schwierig sagen. Also ich hab´ immer wieder festgestellt, dass Schüler in den ersten zwei Phasen hoch motiviert sind, dann an das Thema gehen und dann, wenn es anstrengend wird, also die Ionenbindung lernt trotzdem der Großteil nicht freudig. Also da muss man sich nichts vormachen. Das einzige, was nicht mehr passiert ist die Frage, warum muss ich das lernen, also das kommt nicht mehr, aber trotzdem sind die Schwierigkeiten vorhanden, wie vorher auch und die Motivation lässt dann auch nach. Ich kann jetzt nicht sagen, dass die hochmotiviert sind in der […] Vertiefungsphase. Was manchmal schön ist, ist zu sehen, also z. B. das Experiment, was ich vorhin geschildert habe, zum Teilchenmodell, das ist was, was die total gerne machen. Also wenn es eine interessante Aufgabe ist, dann in der Vertiefung das Wissen noch mal anzuwenden und zu sehen […] das kann ich, das finden die dann noch mal interessant und da gibt es eine Menge Schüler, die hochmotiviert sind. Und eine Zusammenfassung zu machen, was habe ich fachlich gelernt, ist jetzt nicht so der „burner". Aber diese Versuche, also das fand ich ganz interessant, da sind die hochmotiviert, oder ich weiß ja noch, wenn ich Stofftrennung mache, dass sie dann am Ende ein Gemisch kriegen mit dem Auftrag sie müssen jetzt eben in ihren Gruppen gucken am Ende der Stunde will ich das wieder getrennt haben. Das sind immer Aufgaben, die die finden die unheimlich toll, da sind die absolut dabei und da kriege ich auch die Rückmeldung nach der Stunde: es hat Spaß gemacht.

[…] / *[…]*
Meine letzte Frage: Was sind die positiven Aspekte dieses Ansatzes verglichen mit der klassischen Unterrichtspraxis?

Also für mich ist so das Allerschönste daran, dass ich als Schüler sehe, warum ich mich mit den Dingen beschäftige. Es knüpft immer an an dem, was um mich herum ist und ich lerne ein stückweit die Welt besser zu verstehen. Ziel für mich ist dass dann, vor allem wenn, ich bin ja an einem Gymnasium, auch die Oberstufenschüler das dann eben vertieft haben, das heißt, wenn sie die Schule verlassen ein Fundament haben um wirklich auch das, was mit

diesem Begriff „scientific literacy“ gemeint ist im Alltag später für sich Entscheidungsgrundlagen haben, das betrifft jetzt nicht nur die Chemie, das heißt beispielsweise für die Sportgetränke fundiert entscheiden können: will ich so was kaufen oder will ich es nicht kaufen. Möchte ich so was essen oder trinken, oder möchte ich das nicht. Das ist für mich so der große Vorteil dieses für das Leben lernen wir und nicht irgendwie aus irgendwelchen merkwürdigen Gründen, die sich vielleicht irgendjemand mal überlegt hat, wo ich selber keinen Zusammenhang sehe. Wenn Sie mit Erwachsenen in meinem Alter sprechen, ich bin jetzt 50, der Großteil wird Ihnen sagen: oh Gott, Chemie, das war ja blöd, da hab´ ich gar nichts von behalten und das war ja so ein doofes Fach und wie kann man das studieren. Und ich behaupte mal, dass wenn man kontextorientiert arbeitet, dass es immer auch welche gibt, die das Fach nicht gut finden, aber dieses Gefühl davon habe ich gar nichts behalten, weil das überhaupt nichts mit mir zu tun hat, die haben dann vielleicht keine chemischen Fachinhalte behalten und können auch keine Formeln mehr aufstellen, aber ich denke andere Details, z. B. bei den Sportgetränken, dass da Zucker drin ist und wenn ich vorher mir mühselig 100 Gramm Körperfett abtrainiere und dann so was trinke, dass das kontraproduktiv ist, da behaupte ich, dass das viele dann auch mitnehmen. Und da finde ich da haben wir schon viel gewonnen.

[…] Eine letzte, vielleicht ein Ausblick auch noch mal von Ihrer Seite, auch durch Ihre Erfahrungen als Setbetreuerin, welche Probleme und Schwierigkeiten sehen Sie heute noch im Hinblick auf den Lernerfolg der Lernenden in solch einem Kontextunterricht und was würden Sie sich in dem Zusammenhang für die Zukunft wünschen?

Für den Lernerfolg, da sehe ich irgendwie gar nicht große Probleme. Also ich finde zumindest, dass der Lernerfolg nicht schlechter ist wie vorher auch. Ich kann das so schlecht vergleichen, weil ich nicht weiß, ja, was besser wäre, oder ob der Lernerfolg besser wäre, wenn man es anders machen würde. Ich glaube, was ganz wichtig ist, trotz „Chemie im Kontext“, um einen Lernerfolg zu haben, dass man nicht vergessen, dass man einfach auch Übungsphasen braucht. Das wird da manchmal „verschlört“, will ich mal so sagen, man ist so im Kontext drin, dass man hin und wieder bestimmte Sachen, die müssen einfach eingeübt werden, die dürfen da auch nicht vernachlässigt werden. Das könnte ein Problem für den Lernerfolg sein. Ja, ein weiteres, denke ich, ist, wäre eine mangelnde Systematisierung. Es könnte sein, dass Schüler sich im, oder es passiert, das habe ich auch schon erlebt, dass Schüler sich im Kontext verlieren, den „roten Faden“ nicht mehr sehen und dann auch nicht mehr die Zusammenhänge erkennen. Aber ansonsten, also ich finde die Rahmenbedingungen müssten besser sein, man müsste mehr Möglichkeiten haben das, also nicht z. B. durch die 45 Minuten ständig Schüler aus Gedankengängen herausgerissen werden, solche Dinge sind eher, in meinen Augen, für dauerhaftes Verankern hemmend und damit auch für den Lernerfolg.

[…]

F.3 Interviewpartner 3:

Erläutere bitte, inwiefern Du in das „Chemie im Kontext“ – Projekt involviert warst und was Dich zur Teilnahme motiviert hat.

Also zur Teilnahme motiviert […] / […] *hat mich zunächst einmal die Konzeption selbst, nämlich, dass man nicht mehr von der reinen Chemie ausgeht in dem fachsystematischen Sinne, sondern dass man einfach den Alltagszusammenhang sieht und daran die Fachsystematik aufbaut und so eine höhere Schülermotivation zu erzeugen und damit auch ein höheres Verständnis für die Chemie im Alltag und des weiteren motiviert hat mich, dass ich Ilka Parchmann gesehen hab´ auf Vorträgen, die das Ganze sehr anschaulich und prägnant dargestellt hat. Ich bin dann relativ früh in Hannover, hab´ mitgearbeitet im ersten Set in Hannover und bin dann aufgrund der Lage der Schule aber zu einem zweiten Set in Stolzenau sozusagen gewechselt und ja, hab´ von da aus dann immer mitgearbeitet.*

Würdest Du bitte die typische Struktur einer „Chemie im Kontext“ – Einheit erläutern?

Ausgehend von einer, von einem Zusammenhang, den die Schüler irgendwie, den die Schüler im weitesten Sinne berührt und meistens einen alltäglichen Zusammenhang erstellen die Schüler und Schülerinnen Fragen, die den Unterricht dann tragen und strukturieren. Diese Fragen dienen sozusagen als Leitfaden und werden dann im Laufe der Unterrichtseinheit an, abgearbeitet, so dass es diese typische Vierphasentrennung gibt zwischen „Neugierphase“, „Planungsphase“, „Vertiefungsphase“ und „Erweiterungsphase“.

Könntest Du bitte erläutern, inwiefern, also wie sind die Übergänge von einer Phase zur nächsten. Du hast jetzt hier einen vierphasigen Lernzyklus angesprochen…

Ja.

Was ist die Motivation für die Lernenden zum Übergang von der ersten in die zweite Phase?

Ja, das Erste ist ja ganz klar. Dadurch, dass sie erst mal neugierig gemacht worden sind auf das Thema und dann eigenständig das planen können, wie sie das erarbeiten, sind sie auch motiviert dazu dieses weiterhin, also quasi die eigenen Experimente z. B. zur Überprüfung zu entwickeln und diese dann auch durchzuführen, um dann sozusagen die Lösung ihrer eigenen Fragen heranzuführen, so dass die Übergänge zwischen den Phasen sich quasi sachlogisch ergeben. Das eine oder andere Mal muss man als Lehrkraft vielleicht einfach strukturierend eingreifen, damit so ein Kontext nicht zu lang wird und dann in manchen Sachen halt gegebenenfalls wenn man merkt, dass die ein oder andere Phase so zu lange dauern würde, eben strukturierend einwirken, […] / […] *weil eine zu lange, ich glaub´ eine zu lange Auseinandersetzung mit einem Kontext, sag´ ich mal über mehrere Monate, das ermüdet die Schüler.*

Ich möchte gern noch mal zurückgehen auf die Struktur. Du beginnst also mit einem Kontext in Form der „Begegnungsphase“…

Ja.

In der zweiten Phase planst Du quasi das weitere Vorgehen, indem Du Fragen aus dem Kontext gemeinsam mit den Schülern formulierst…

Genau, die Schüler entwickeln Fragen dazu, ich mach´ dazu gar nichts, ich nehm´ die einfach nur auf.

O.k. Also die Rolle der Lehrperson ist quasi ganz zurückgenommen aus dem unterrichtlichen Geschehen und die Schüler sind sehr aktiv.

Genau […] *und gegebenenfalls fassen also sind die Schüler sollen die Fragen dann auch zu Komplexen zusammenfassen, es kommt je nach dann darauf an welchem Status sie sich befinden, also wenn sie jetzt siebte Klasse sind, sind die Fragen sicherlich einfacher gefasst als z. B. für einen 13. Jahrgang und gegebenenfalls, je nach, wie gesagt, wie lange die Schüler das schon kennen, helf´ ich bei der Strukturierung der Fragen in dem Sinne, dass man die zusammenfassen kann. Wenn Fragen z. B. zu einem Inhalt sind, z. B. zu Funktionen einer bestimmten, ja einer bestimmten Sache, die sie herausfordern, nehmen wir mal an Batterien oder so was und dann wird halt die Funktion sozusagen als eine Leitfrage gesehen.*

In der dritten Phase, in der „Erarbeitungsphase“, die Du gerade ansprachst, werden dann diese Fragen aufgegriffen und könntest Du beschreiben, wie diese Phase bei Dir aussieht?

Die ist immer etwas unterschiedlich. Also in der Regel ist das so, dass…ich versuche möglichst Gruppen zu bilden, die dann entweder arbeitsteilig oder in Form von „Stationenlernen“ einzelne, die einzelne Fragen abarbeiten, möglichst experimentell geprägt und wenn es gut läuft, dass die Schüler vorab die Experimente selber planen. Das hängt aber auch, wie gesagt, vom Status der Schüler selbst ab und von der Lerngruppe natürlich. Ansonsten gibt es ja, dadurch dass ich die geplanten Fragen habe, dass ich sozusagen einen Lernzirkel selber entwickle den die Schüler durchlaufen , aber lieber ist mir, dass die Schüler die Experimente auch selber planen und die dann auch durchführen, auch wenn die dann zu keinem Erfolg führen und daran dann weitere Experimente entwickeln und diese entweder, wie gesagt, in so einer Art arbeitsteiligen Gruppenarbeit, oder in Form von „Stationenlernen“.

Könntest Du mal charakterisieren, wie Deine Rolle als Lehrperson aussieht und wie sich da demgegenüber die Roller der Schülerinnen und Schüler in dieser Phase darstellt?

Also an der Stelle mache ich es meistens so, dass die…also wenn es eine reine Planung von Experimenten ist, dass die Schüler in Gruppen Experimente planen, die sie dann im Plenum vorstellen und die im Plenum diskutiert werden, damit die Schüler lernen aufeinander einzugehen und auch welche kommunikativen Aspekte im Unterricht vertreten sind, meine Sache ist dabei eher zurückgezogen, es sei denn es sind solche Experimente bei denen das Gefahrenpotential zu hoch ist, dann greif´ ich natürlich ein. Ansonsten ist das eher eine strukturierende, moderierende Rolle, die ich da einnehme.

Die vierte Phase, die Du ansprachst, wie würdest Du sie mit einem Schlagwort charakterisieren?

Das ist sozusagen…es gibt da für mich zwei unterschiedliche Möglichkeiten, entweder vernetz´ ich mit anderen Kontexten oder ich vertiefe indem ich z. B. dann die fachsystematisch ranhole und ein normales Lehrbuch zur Seite ziehe und dort z. B. zu, nehmen wir mal an wir machen den Bereich Ion-Ionenbindung und wir haben das im Bereich von: „Sind Metalle in der Nahrung?“ gemacht, dann koppel ich an der Stelle zurück indem wir mit dem Schulbuch vernetzen und dort bestimmte Aufgaben oder so was in der Richtung mache oder aber wenn, eine andere Möglichkeit in dieser Phase ist es eben mit anderen Kontexten zu vernetzen und zu versuchen dort ein größeres, strukturierendes Netz aufzubauen.

Was ist die Zielsetzung im ersten Fall? Wenn Du jetzt also zurückgehst auf Schulbuch und was Du gerade ansprachst, was ist dort Deine Zielsetzung?

Die Zielsetzung ist, dass die Schüler, also dass es eben nicht dazu kommt, dass die, sag´ ich mal andersherum, die Zielsetzung von CHiK war ja auch, dass Schüler z. B. erkannt haben was, oder konnten angeben, aus dem Unterricht heraus, was eine chemische Reaktion ist, meinetwegen Eisen und Schwefel, dieser Klassiker, den man früher mal gemacht hat, ja wenn man das erhitzt, dann ist eine chemische Reaktion, aber sie konnten nicht sagen, dass bei der Verbrennung der Kerze auch eine chemische Reaktion stattfindet und ich möchte vermeiden, dass, dass quasi durch die Kontextualisierung genau der umgekehrte Prozess da ist, also ich möchte, dass die Schüler auch erkennen, dass in der Fachsystematik eben auch eine chemische Reaktion stattfindet, dass eben beide Ebenen sozusagen kennenlernen. Hat natürlich auch den Hintergrund, dass da bei mir in der Schule nicht alle Kollegen nach CHiK unterrichten und damit sie dann in dem Unterricht eben auch folgen können und dort auch keine Schwierigkeiten haben.

Bevor ich zu dem zweiten Aspekt der Vernetzung mit einem anderen Kontext komme, könntest Du mir vielleicht zuvor sagen, wie Deine Gewichtung dieser vier Phasen aussieht? Wie viel Prozent Deiner Unterrichtseinheit verwendest Du auf die erste Phase?

Ich würde sagen, zehn Prozent.

Und auf die Zweite?

Zweite Neugier-Planungsphase. Auf die Planungs-, also wenn wir…30 %.

Und die Dritte?

Ungefähr 50 und 20 auf die Letzte. […] / […]

Was waren für Dich die positiven Aspekte dieses neuen Ansatzes verglichen mit der klassischen Unterrichtspraxis?

Die Schülerinnen und Schüler haben viel mehr miteinander geredet, kommuniziert und sich viel mehr über Fachinhalte ausgetauscht und sie waren sehr viel, oder sie waren sehr motiviert auch an der Lösung dieser alltäglichen Zusammenhänge. […] *Also sie haben das natürlich auch wertgeschätzt, dass sie selber den Unterricht strukturieren konnten, dass ihre Fragen also sozusagen den Unterricht getragen haben.*

Wo gab es Probleme und Schwierigkeiten, insbesondere im Hinblick auf den Lernerfolg der Lernenden?

Auf den Lernerfolg selbst sehe ich überhaupt gar keine Schwierigkeiten. Sicherlich ist das so, dass sich dadurch auch die Aufgaben etwas verändert haben in der Aufgabenstellung. Aber Schwierigkeiten sehe ich darin, was ich vorhin auch schon einmal angesprochen habe, man muss halt als Lehrer in der Lage sein, zu erkennen, dass so ein Kontext nicht zu lange dauert. Das heißt, man muss in der Lage sein, den Kontext ja zu bündeln an gewissen Stellen zu fokussieren damit, ja damit die Schüler nicht ermüden und nach der zwanzigsten Stunde sagen: oh schon, immer noch, oder so in der Richtung.

Du sprachst im Teil davor von dem Vernetzen mit anderen Kontexten.

Ja.

Was ist dort Deine Zielsetzung?

Na, die Zielsetzung ist es, dass die Schüler dann, wenn man jetzt erst mal für die Sek. I betrachtet, dann in der Lage sind also selbstständig eine Struktur in der Chemie zu erfassen. Also eine selbstständige Struktur nach Basiskonzepten im Bereich des Fachwissens zu erkennen und dann aber auch in der Lage sind, durch heranziehen gewisser Fachinhalte, die sie aus dem vorangegangenen Unterricht gelernt haben, dieses auf neue Sachzusammenhänge anzuwenden und eine neue Erkenntnisstufe zu erreichen, das heißt also, zusätzlich einen Lernzuwachs zu erzielen und diesen sozusagen immer aufsteigend zu erhalten, so dass sie insgesamt dann irgendwann einen richtigen, ja Kompetenzzuwachs, wie man das ja heutzutage nennt, erzielen und den in allen vier Kompetenzbereichen, die ja gefordert werden und dass sie, oder dass Schüler dann später auch in der Lage sind, wirklich alltägliche Sachzusammenhänge zu reflektieren und auch alltägliche, ja Misszusammenhänge, die im Alltag oder so was dargestellt werden, ist ja häufig der Fall, kritisch zu reflektieren und das richtig einschätzen zu können.

Das heißt, das was Du gerade ansprachst war doch Transferleistung, die Du von Deinen Schülern…

Ja, durchaus, ja.

Wenn ich noch einmal fokussieren dürfte auf diese Transferleistung, die dort erforderlich ist, gibt es dort Probleme und Schwierigkeiten für die Lernenden dies zu leisten, das heißt der Übergang von einem Kontext in den nächsten und damit das Anwenden oder die Flexibilisierung von bereits erlernten Fachinhalten?

Da haben Schüler grundsätzlich immer Schwierigkeiten mit, weil sie natürlich immer gerne Dinge abschließen und das mache ich relativ systematisch, ich arbeite an so, mit sogenannten ja, ich arbeite eigentlich mit einer begleitenden Begriffstabelle, wo ich immer die wesentlichen Kompetenzen, die sie erreicht haben, sowohl die inhalts- als auch die prozessbezogenen kurz, ja indem wir sie kurz zusammenfassen und dann halt gucken bei dem nächsten Kontext, den wir haben, wie sie bestimmte Sachen davon anwenden können und was sich erweitert.

Verstehe ich Dich da gerade richtig…

Kann man das verstehen?

Ja, ich glaube schon.

O.k.

Wenn ich Dich da richtig verstehe, deswegen frage ich lieber noch einmal nach, es ist quasi so eine Art Dekontextualisierung, die Du zunächst durchführst?

Ja. […]

Das heißt eine Dekontextualisierung in der Weise, dass ich zunächst einmal zusammenfasse was habe ich… *[...] /* […]

War ich gerade bei dem Aspekt, dass ich Dich so verstanden habe, dass Du zunächst eben dekontextualisierst, dass Du erst mal eine Sammlung quasi dessen kontextunabhängig zusammenträgst der Inhalte, die sie anwenden könnten?

Nein, hinter, also nach einem jeweiligen Kontext mache ich das.

Genau und dann erst gehst Du in weitere Übungskontexte, oder?

Genau. Genau.

[…] Meine nächste Frage: Was könnten die Ursachen für das Transferproblem sein, oder für die Schwierigkeiten der Lernenden Transfer zu leisten?

Das Problem liegt darin, dass Chemie, insbesondere in der Sekundarstufe I, natürlich nur ein, für die Schüler ein Kurzfach ist, das heißt also die natürlich ihre Schwerpunkte da auch auf den Hauptfächern liegen und dort meistens keine richtige Unterrichtskontinuität herrscht mit diesen zwei Stunden, wovon eine vielleicht dann auch noch mal ausfällt die Woche und die Schüler einfach diesbezüglich nicht nachhaltig genug lernen. Man muss ihnen irgendwo eine, ja einen Anker bieten, dass sie diese Nachhaltigkeit für sich irgendwo erfassen können und für Schüler ist das immer schwierig die Quintessenz von Sachen zu erfassen. Wir haben das immer im Hinterkopf, weil wir das planen, oder das unsere Basis ist für die Unterrichtsplanung, aber Schüler haben ja unser Basiswissen für die Unterrichtsplanung nicht und das darf man nicht, ja das darf man nicht unterschätzen, dass die Schüler einfach ja da sozusagen planen in diesen Kontext reingehen und dann vielleicht auch am Anfang noch mal Hilfestellung brauchen die Quintessenz rauszuarbeiten, wenn sie das dann immer gemacht haben und dieses mal trainiert haben, dann glaube ich ernsthaft, oder ich sehe das zumindest, weil ich hab´ jetzt das erste Jahr einen Kurs jetzt in 13 und davon habe ich 2/3 der Schüler seit Klasse sieben und die haben rein, bis auf wenige Einheiten wirklich kontextualisierten Unterricht erhalten und die Schüler, die das von mir aus, von der Pieke auf sozusagen die ganze Zeit gelernt haben, die können das.

Darf ich noch mal zurückkommen auf diese Quintessenz: das heißt, Du extrahierst quasi am Ende eines Kontextes noch mal die Fachinhalte quasi, die Bestandteile…

Fachinhalte, aber auch die prozessbezogenen Kompetenzen, wobei das ja meistens weniger sind, zum Beispiel ich schreibe mit ihnen auf: wir haben hier zu, meinetwegen zum „Ötzi“ haben wir Experimente geplant um Kupfer, um um Kupfer herzustellen aus Malachit, so, um oder Kupfer aus Malachit zu gewinnen zum Beispiel, Punkt. Das ist ja im Prinzip, das ist ja kein Fachinhalt das ist ja ein sogenannter Erkenntnisgewinnung Kommunikation, so dass sie das da diesbezüglich noch mal haben. Aber Schwerpunkt ist, das gebe ich ehrlich zu, ist sicherlich auch noch ein Manko, woran man arbeiten muss, liegt auf dem Fachinhalt.

Das heißt Du, Du, Du ziehst noch mal die Quintessenz in dieser beschriebenen Weise wie Du es gerade gemacht hast aus dem Kontext und dann, dann gibst Du zur Übung neue Kontexte, so dass sie das, was sie quasi rausgezogen haben aus dem ersten Kontext, nun anwenden können.

Genau, z. T. zumindest. Also, dass sich das sozusagen immer weiter erweiter. […] *Das man quasi viert Tabellen führt, oder besser gesagt man führt eigentlich drei, weil die Bereiche Kommunikation und Bewertung ja zwar angesprochen werden, aber meistens nicht ganz in der Fülle in der sie z. B. in den Fachinhalten so systematisiert werden können und so dass sich dann ja wiederholt und sie dann sagen: o.k. die und die und die Sachen haben wir auch angesprochen und ja dann haben wir das da und damit erweitert. So versuche ich es zumindest, aber das ist sicherlich noch nicht ganz ausgereift, hab´ auch noch eine neue Idee, aber da bin ich noch nicht so weit also,* […] *sondern dass das mit begleitenden, dass das, was von den Vorgaben gerichtet wird an sie herangetragen wird in Form einer kurzen Tabelle, wobei das dann eben auf Schülerniveau beschrieben wird und sie das dann immer bei nach den einzelnen Unterrichtseinheiten sozusagen abhaken, welche Bereiche wir gemacht haben und welche Bereiche nicht. Das man dann sieht, das und das ist mehrfach angesprochen worden, dieses hier nur einfach, aber wir müssen das trotzdem beherrschen.*

Das heißt je, je öfter Du das auch in anderen Kontexten übst, umso besser kann das Wissen auch flexibilisiert werden?

Auf jeden Fall, klar. Also das ja, das ist ja das Ziel daran.

Ich glaube damit hast Du schon längst meine letzte Frage beantwortet und zwar wollte ich von Dir wissen, wie Du den Schwierigkeiten der Lernenden zum Transfer begegnet bist und das ist wahrscheinlich durch diese Quintessenz, die Du rausziehst aus dem ursprünglichen Kontext und dann neue Kontexte anzubieten, oder?

Ja, genau, so versuch´ ich das jedenfalls. Aber wie gesagt, was mir jetzt noch vorschwebt ist, dass man quasi mit den Schülern eine Tabelle auf möglichst einfachen Niveau, also den Schülern eine Tabelle auf möglichst einfachem Niveau zur Verfügung stellt, wo man sieht: das sind die Vorgaben von außen und wo wir dann gucken welche Vorgaben davon haben wir erfüllt und womit.

O.k.

Das man quasi andersrum rangeht und dann immer sieht: das haben wir, das haben wir noch nicht, das haben wir, das haben wir schon. Da bin ich aber noch nicht so weit, insofern kann ich nicht sagen, dass ich das schon mache.

Du sagtest gerade: da bist Du noch nicht soweit und das willst Du noch ein bisschen umbauen. Wo siehst, wo hast Du denn im Moment Schwierigkeiten an dieser Stelle, dass Du das noch verändern möchtest?

Schwierigkeiten habe ich damit nicht, ich möchte das einfach nur mal anders probieren. So funktioniert das gut, also so kann ich auf jeden Fall, so können meine Schüler gut arbeiten, aber natürlich ist es so, dadurch wird ihnen nicht klar, was man eigentlich von ihnen gefordert wird und im Hinblick auf zentrale Überprüfungen denke ich ist es auch wichtig den Schülern mal klar zu machen, was von ihnen gefordert wird.

Ja, Transparenz, ja.

Genau und an der Stelle würde ich halt gerne mal so vorgehen, dass man eben sagt, hier diese Sachen müsstet ihr können bis zum Ende von Abschlussklasse zehn und diese und diese Sachen habt ihr jetzt schon gemacht und diese und diese Sachen sprechen wir öfter an, weil

sie halt wichtig sind und in diesen und diesen Bereichen; so rum. Das ist einfach nur ein Versuch, ja quasi die sie so ein bisschen auch für die zentralen Abschlussprüfungen zu sensibilisieren. […] *Das heißt nicht, dass das andere entfällt, wahrscheinlich muss man da mit beidem arbeiten, dass weiß ich aber noch nicht so genau, das wird sich dann zeigen.*

Ich hatte zwischendrin eine Frage vergessen, deswegen muss ich die jetzt leider noch nachschieben: Könntest Du mir erläutern wie Du die Beziehung zwischen einem, zwischen dem Kontext und dem Konzept siehst in einer Einheit?

Zwischen dem Kontext und dem Konzept?

Genau, oder den Fachinhalten.

Also im Prinzip ist ja „Chemie im Kontext" ein Unterrichtskonzept, ist es ja und die, also es ist ja, die Fachinhalte werden sozusagen durch die Fragen der Schüler in den Unterricht getragen. Also die Schüler haben ja z. T. ganz andere Fragen, die gar nichts mit den Fachinhalten zu tun haben, auch die sind wichtig und sind notwendig für so einen Kontext und indessen natürlich auch Fachinhalte, die automatisch abfallen dort sind. Das heißt also man ja, so ich sehe, also die Fachinhalte werden eingebunden in einen Zusammenhang, der die Schüler irgendwo berührt ja, so sehe ich das.

Und gibt es auch eine Rückbeziehung, also wir haben jetzt ja nur die Beziehung angesprochen vom Kontext zu den Fachinhalten…

Ja.

…gibt es auch eine Beziehung zurück, dass ich vom Fachinhalt zurückgehe zum Kontext?

Also dass ich Fachinhalte nehme und dann versuche den Überbau zu finden?

Genau.

Wäre natürlich auch denkbar. Also dass man quasi die Fachinhalte macht und sie wie ich es ja auch früher durchaus ja mal gemacht hat in so genannten Projektunterrichten dass man dann einfach den Fachinhalt unterrichtet hat und das dann anwendet in einem Beispiel.

Ja.

Das gab es ja früher auch, das ist nicht, das ist ja sicherlich auch so, das hängt davon ab wie so ein Lehrer individuell unterrichtet. Der hat natürlich dann schon so seinen fachsystematischen Gang, den er so unterrichtet, wie er das macht, ob mit welchen methodischen Maßnahmen auch immer, aber sicherlich nicht durch die Leitfragen der Schüler geprägt und lässt sie dann in einem anderen Bereich das anwenden. Das ist sicherlich auch denkbar, das ist aber ja nicht das was „Chemie im Kontext" eigentlich beinhaltet. Ist sicherlich aber auch denkbar für einen, für einen, das muss kein schlechter Unterricht sein, um Gottes willen, das kann durchaus ein guter Unterricht sein. Das hängt ja auch davon ab, was der Lehrer, wie der Lehrer selbst individuell unterrichtet.

Vielen Dank für das Interview […], es war sehr interessant.

F.4 Interviewpartner 4:

Erläutere bitte, inwiefern Du in das „Chemie im Kontext“- Projekt involviert warst.

Ja gut. Also ich hab´ ja den Anfang des „Chemie im Kontext“ – Projektes mitgestaltet, also da in meiner Promotionszeit, da ging das ja gerade los das Ilka zusammen mit Bernd Ralle sich Gedanken gemacht hat über ein neues Konzept und in dem Rahmen habe ich halt ja Unterrichtseinheiten entwickelt und mtiüberlegt wie die methodische Ausrichtung sein kann und hab´ also schon da einmal ein bisschen vom Grundsatz her mitgeplant und hab´ jetzt aber in den letzten zwei, drei Jahren in so einer regionalen Arbeitsgruppe unter der Leitung von Herrn Rebentisch bei „Chemie im Kontext“ eben mitgearbeitet und da ging es ja darum, dass wir neue Unterrichtseinheiten entwickelt haben oder bestehende Einheiten so umstrukturiert haben, dass wir, oder dass ich die eben in meinem Unterricht auch einsetzen konnte, also habe ich eben Einheiten ausprobiert und dieses Projekt, also wir führen das ja noch weiter, wir treffen uns ja immer noch, auch wenn das Kultusministerium das jetzt nicht mehr offiziell da unterstützt und genau, planen zusammen Unterricht, Kontextunterricht und führen ihn durch.

Könntest Du noch mal formulieren, was Dich genau zur Teilnahme motiviert hat?

Na ja gut, ich meine durch die Beschäftigung im Rahmen meiner Promotion mit „Chemie im Kontext“ war irgendwie auch klar, dass ich das weiter ausprobieren will und das Spannende daran ist einfach Chemie eben erfahrbar für die Schüler, ja erfahrbar zu machen, deutlich zu machen, wo die Anwendungsbezüge liegen und man merkt auch im Kontextunterricht, dass man sehr viel schneller, also dass die Schüler eben sehr viel mehr mitplanen können und eigentlich von Stunde zu Stunde klar ist, was eigentlich als nächstes gemacht werden muss und man nicht immer mit neuen künstlichen Problemen da ankommen muss, weil sich aus dem Kontext meistens automatisch das nächste Problem ergibt. […] *Es ist eben, es ist halt für die Schüler eben deutlich einsichtiger, warum man sich mit bestimmten Inhalten beschäftigt und das merke ich eben auch wenn ich dann wieder Einheiten habe, die nicht kontextorientiert sind fühle ich mich selbst halt nicht so wohl, weil ich einfach das Gefühl hab´, nun ja gut dann komme ich halt wieder mit dem alten Schwefel um die Ecke, was eigentlich niemanden interessiert und man merkt es halt auch bei den Schülern.*

Würdest Du mir bitte die typische Struktur einer „Chemie im Kontext“ – Einheit erläutern?

Na ja gut, das ist ja irgendwie das Klassische, was da auch veröffentlicht ist, also so mach´ ich das dann irgendwie auch, dass man eben, ich fang auch halt an mit einer Alltagsproblematik, sei es über eine Geschichte, eine Abbildung, Zeitungsartikel oder so was in der Art, sammel halt klassisch dann die Fragestellung, strukturiere mit den Schülern wie man weiter vorgeht, genau dann versuche ich möglichst die Fragen der Schüler aufzugreifen und […] „abzuarbeiten“ aber man kommt, oder ich komme zumindest als Lehrer auch nicht drum rum eine eigene Struktur natürlich mit reinzubringen und eben auch […] und dann werden halt erst mal diese Fragen dann von den Schülern ja gemeinsam mit mir „abgearbeitet“ und dann halten die ja Referate dazu oder wir gehen eben normal im Unterricht gemeinsam vorwärts, genau zwischendurch und am Ende sind dann immer wieder so Einschübe und Phasen, wo wir versuchen das ganze noch mal zusammenzufassen in eine, ja in eine logische Struktur so zu bringen und eben das ja dann im Bereich dieser Dekontextualisierung auch das Gelernte auf andere Beispiele einfach übertragen.

Darf ich gerade noch mal auf diese Dekontextualisierung zurückkommen, wie sieht, wie sind diese Phasen der Dekontextualisierung in dem normalen vierphasigen Lernzyklus von „Chemie im Kontext“ eingeschoben bei Dir oder am Ende einer Einheit?

Das ist unterschiedlich. Also die sind sowohl eingeschoben […] als auch am Ende, also ich, je nach Kontext […] ist das unterschiedlich.

Wie sieht eine solche Phase der Dekontextualisierung in Deinem Unterricht konkret aus?

Ich hab´ jetzt gerade auch nicht wirklich ein Beispiel vor Augen. Also wenn wir z. B. die „Brände“ nehmen, dann führe ich ja über die „Brände“ ein, was eine chemische Reaktion ist und da, dann geht das eben zwischendurch natürlich darum auch von dem Brändekontext wegzukommen und zu zeigen, dass es eben ganz viele andere chemische Reaktionen gibt und dann in dem Zusammenhang mach ´ ich dann z. B. tatsächlich auch noch mal Schülerversuche mit Kupfer- Schwefel, dass sie einfach selber dann noch mal rumhantieren und sehen: ach guck, und eben die Prinzipien halt wiedererkennen, die sie eben bei der, eben am Beispiel der Kerze, der Verbrennung kennengelernt haben.

Das heißt eine Dekontextualisierung, wenn ich das noch mal in eigenen Worten formulieren darf, würde erst bedeuten, dass ich noch einmal die Basiskonzepte als solche formuliere und darlege, was also in dem spezifischen Kontext gelernt werden sollte…

…ja.

…und dass ich dann aber einen neuen Kontext präsentiere, so dass sie rekontextualsieren dann?

Nein, das mache ich nicht mehr mit Kontext. Also wenn das sich ergibt also ein Alltagsbeispiel noch ergibt ist das o.k., aber ich würde das nicht mehr als Kontext bezeichnen, das ist einfach wirklich, da sind dann Phasen, wo ich ziemlich genau einfach vorgebe jetzt haben wir dieses Beispiel und jetzt solltet ihr dies und jetzt solltet ihr das, also ja […]

Also Du gehst nicht noch mal in einen neuen Kontext?

Nein. Wenn ich dekontextualisiere nicht mehr, dann würde ich mit der Zeit gar nicht rumkommen. Also wie gesagt, wenn sich da, wenn sich Alltagsbeispiele ergeben nehme ich die auch klar, aber es ist kein bewusstes aufrollen eines Kontextes noch mal mit allen Phasen, dann würde ich gar nicht mehr zurande kommen. Also es ist schon so, was weiß ich, jetzt bei der zur Einführung der chemischen Reaktion mache ich eben den Brändekontext und dann gibt es eben zwischendurch Beispiele, die eben aus dem Brändekontext rausgehen und am Ende eben auch noch mal, wenn sich, also idealerweise, wenn ich die Zeit dazu noch ergibt und die noch da ist.

Wenn ich konkret jetzt darauf mich fokussieren dürfte, zunächst einmal was waren für Dich die positiven Aspekte dieses neuen Ansatzes verglichen mit der Unterrichtspraxis zuvor?

Also, ja positiv ist das, das hatte ich am Anfang da auch schon gesagt, warum ich es überhaupt mache, ist natürlich schon, dass die Schüler sich einfach für den chemischen Sachverhalt mehr interessieren, dass man nicht irgendwie rumeiern muss um irgendwie ein künstliches Problem aufzurollen, was sie da jetzt bearbeiten sollen, sondern dass sich automatisch aus einem Kontext ganz viele Probleme ergeben, oder Fragestellungen ergeben, die man

dann „natürlicherweise“ […] dann beantwortet und man muss nicht jede Stunde wieder mit einem neuen Kram da um die Ecke kommen, den man sich irgendwie künstlich zusammengebaut hat. Also das ist schon das Positive, dass man eben, dass die Chemie, die man unterrichtet, lebensnäher ist, dass die Schüler natürlich sehen wo spielt es in ihrem Alltag eine Rolle, dass ich schon meine, dass sie dadurch motivierter sind und dass man selber irgendwie auch, dass der Unterricht so ein bisschen spannender ist.

Wo gab es Probleme und Schwierigkeiten insbesondere im Hinblick auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler?

Also die Probleme und Schwierigkeiten hängen natürlich genau mit dieser Dekontextualisierungsphase zusammen. Das Problem ist, dass sie, dass man oft zuwenig Zeit hat. Also dann, der Kontext an sich erfordert sehr viel Zeit und man braucht ein bisschen Routine um dann auch bewusst zu entscheiden können, wo kürze ich jetzt ab und wo lasse ich auch spannende Fragen einfach weg. […] / […] *genau, dass da eben häufig die Zeit dann fehlt, um wirklich deutlich zu machen, wo ist der rote Faden, also die Schüler verlieren relativ schnell, also was heißt relativ schnell ist auch falsch gesagt, es besteht eben Gefahr, dass sie den roten Faden verlieren und dass sie, dass sie Chemie dann im wesentlichen dann nur noch auf den Alltag beziehen und ja das Fachliche dahinter so ein bisschen aus den Augen verlieren, deswegen ist es eben wichtig dass, ja dass man eben, dazu versuch ´ich mich auch immer anzuhalten, dass ich mir die Zeit nehme wirklich in Ruhe dann am Ende noch mal zusammenzufassen und auf die Basiskonzepte zu sprechen zu kommen um beziehungsweise dann wirklich das Fachliche noch mal rauszustellen. Es ist so, dass im dem altbewährten Unterricht sag´ ich mal hat man häufig […] /* […] *also es ist manchmal so, dass bei dem traditionellen Unterricht, wie soll ich das sagen, da hat man ja eine gut ausgearbeitete Leitlinie im Kopf bzw. auch in den Büchern und man hat sich das über die Jahre so ein bisschen erarbeitet, man hat dann da eben Beispiele auf die man wieder zurückkommt, also das sind dann so eigentlich gut miteinander verknüpfte Lernlinien und das ist, finde ich, bei „Chemie im Kontext“ ein bisschen schwierig. Wir sind ja auch gerade in der Projektgruppe dabei tatsächlich mal zu gucken, wie bauen die Einheiten aufeinander auf, also bislang ist es ja so, dass man hier eine Einheit macht und da irgendwann mal eine Einheit macht, dass es aber kein wirklicher Unterrichtsgang ist und das wäre natürlich wünschenswert, dass man auf die Dauer wirklich auch einen logischen in sich geschlossenen Gang daraus macht, das fehlt mir so ein bisschen da und na gut, das ist ja nun auch in Arbeit. Aber das ist eben beim traditionellen Unterricht manchmal ein bisschen leichter oder es gibt ja so bestimmte Stellen in der Chemie gerade in der Unterstufe, wo man vereinfacht und da hat man im traditionellen Unterricht die Stolpersteine schon so ein bisschen zur Seite geräumt und bei „Chemie im Kontext“, gerade wenn man das erste mal eine neue Einheit macht, tappt man eben sehr schnell noch mal in diese Fallen.*

Ja.

Also Schwierigkeiten wenn jetzt, ja da fällt mir jetzt halt kein Beispiel ein, aber es gibt eben ja so bestimmte Schwierigkeiten im Anfangsunterricht, wo man einfach im Normalfall vereinfacht. […] / […] *und das ist eben, ja wie gesagt, also da muss man eben im „Chemie im Kontext“ – Unterricht erst mal wieder ein paar Erfahrungen sammeln und kontinuierlicher unterrichten und dann gucken, wie sich das eine Beispiel aus dem anderen vielleicht auch ergibt und wie man auch wieder was aufgreifen kann, also das fehlt mir z. T. auch ein bisschen, also in dem traditionellen Unterricht schreibt man eben wie gesagt immer, immer wieder auf ein klassisches Beispiel greift man das wieder auf und dann wird eben noch mal was zum Kupfer gemacht, oder zum Eisen und noch mal was zum Schwefel und man hat dann ja*

auch immer diese klassischen Beispiele und da wählt man ja schon die einfachsten Varianten aus. Also die Frage ist ja immer, ist das nun spannend für die Schüler oder nicht, aber sie kriegen ja die Chemie in sehr einfachen Häppchen geboten und das ist manchmal in „Chemie im Kontext" ein bisschen schwierig, denn wird es oftmals schnell zu komplex und die Schüler durchschauen das ganze nicht mehr richtig, also da muss man wirklich aufpassen. Eine zweite Sache, die auch immer schwierig ist ist, dass diese Alltagsbeispiele die Schüler immer sehr ansprechen und sie gerade in den unteren Klassenstufen eine Million Fragen dazu haben und jede Stunde noch mal einer was kommt, der gerade was gelesen hat und im Internet hier noch was hat und da noch was hat, das ist eigentlich ganz toll, dass man denkt, oh Mensch, die sind ja gepackt und die machen ja zu Hause auch was dafür es ist nur immer die Frage, wie geht man im Unterricht dann damit um, weil man irgendwann gar nicht mehr von der Stelle kommt.

Du sprachst gerade vom Aufgreifen, das erneute Aufgreifen von Fachinhalten oder auch von dem „roten Faden". Steckt dahinter ein Transferproblem, dass die Schülerinnen und Schüler es nicht üben können, oder nicht gewohnt sind den Transfer zu leisten von einem Kontext zum nächsten?

Ja, das steckt auch dahinter. Aber das ist natürlich auch eine persönliche Frage, wie man es halt als Lehrer macht und es ist schon so, dass ich eben die „Chemie im Kontext" – Einheiten, also ich nehm´ immer so die Klassiker daraus, also was weiß ich, mal den „Ötzi" oder die „Brände" oder den „Vorkoster" werde ich jetzt, werde ich demnächst auch mal unterrichten, weißt du die, die schon so altbewährt sind, aber man nimmt sie ja nur so punktuell an einer Stelle raus und dazwischen unterrichte ich wieder ganz traditionell weiter. […] *Darum weiß ich auch gar nicht wie sich das auf die Dauer ergibt, aber ich glaube, das ist auch bisher so, dass es noch wirklich keinen kontinuierlichen Gang gibt, der auch aufeinander aufbaut.*

Ja, das heißt wünschenswert wäre eigentlich, dass wir solch einen kontinuierlichen Gang haben…

Ja, klar.

…wo auch die Kontexte so aufeinander abgestimmt sind…

Genau.

…dass Fachinhalte immer wieder auftauchen in neuen kontextuellen Zusammenhängen.

Dass man eben auch in anderen Zusammenhängen das wieder aufgreift, wiederholt und übt, dass wir uns auch noch mal tatsächlich, ich meine, dass ist jetzt das, was wir auch tatsächlich in der, in der Arbeitsgruppe mit Detlef Rebentisch angehen wollen, dass wir uns auch noch mal ganz genau bewusst werden, welche Fachbegriffe verwenden wir wo, dass auch das für die Schüler durchschaubarer wird. Aber das muss, letztlich muss es natürlich auch jeder Lehrer für sich leisten, denn an jeder Schule sind ja auch wieder andere Fachbegriffe etabliert so, aber das ist eben was, worüber man sich noch Gedanken machen muss.

Was könnten die Ursachen dieses, für ein solches Transferproblem sein? Wenn wir wirklich davon sprechen, wir haben ein Transferproblem, was meinst Du wo könnten die Ursachen dafür liegen?

Keine Ahnung. Das eine ist sicherlich die Zeit, dass man den Schülern in einem Kontextunterricht natürlich sehr viel mehr Zeit einräumt ihre eigenen Ideen da zu präsentieren, was ja auch total wichtig ist, unbestritten, dadurch habe ich aber insgesamt, ich habe ja nun mal meinen Stoff, den ich irgendwie durchziehen muss und damit komme ich irgendwann immer an einen Punkt, wo ich denke: oh ja, jetzt muss ich mich aber beeilen und hab´ zu wenig Zeit eben zum Dekontextualisieren. Ja und das zweite ist sicherlich, dass es eben diesen roten Faden durch die verschiedenen Kontexte noch nicht gibt. Das es da eben, ja dass da zwischen den Kontexten der Zusammenhang fehlt.

Kann es sein, wenn ich Dich richtig verstanden habe, dass die Phase der Dekontextualisierung oder die Phasen, die Du ansprachst, dass die quasi auch eine Begegnung eines solchen Problems sind?

Wie meinst Du das?

Dass Du, wenn wir wirklich ein Transferproblem haben, in einem solchen kontextorientierten Unterricht, dass Du quasi Phasen einbaust, wo Du abhebst vom Kontext…

Ja.

…und somit, ja Fachinhalte so präsentierst, dass sie kontextunabhängig sind und somit immer wieder verwendbar sind in einem neuen Kontext?

Also so meine ich, müsste man es machen.

Das war nur eine Rückfrage meinerseits.

Ach so, ja. Also ich denke, dass man das schon zwischendurch machen muss, ja. […] *Weil die Schüler sonst in ihrem Kontext sitzenbleiben und überhaupt nicht erkennen, ja dass es eine chemischen Reaktion auch in tausend anderen Beispielen gibt.*

Meine letzte Frage und zwar muss ich noch einmal zurückkommen auf die Struktur, die wir gerade nur am Rande angerissen haben. Du sagtest ja, dass ist die, die auch veröffentlicht wurde, also „Begegnung“, „Planung“, „Erarbeitung“ und dann die vierte Phase das Zusammentragen der Ergebnisse.

Ja.

Könntest Du mir dort noch einmal sagen, Deine Gewichtung der einzelnen Phasen. Wie viel Prozent Deiner Unterrichtszeit verwendest Du auf die einzelnen Phasen?

Oh, das ist schwierig, weil es wirklich von Kontext zu Kontext unterschiedlich ist. Also im Normalfall ist es schon so, gerade mit dieser Neugier- und Begegnungsphase, da brauche ich so meistens so ein bis zwei Stunden. Gut und die Erarbeitung das hängt natürlich irgendwie dann davon ab, was da jetzt an Fragen und so weiter gekommen ist, aber das ist natürlich schon der Hauptteil. Also ganz klar, das ist das meiste. Und ja die Dekontextualisierung oder dieses Zusammentragen, Zusammenfassen, noch mal üben an anderen Beispielen bleibt auch kurz. Kann ich prozentual nicht sagen, weil das unterschiedlich ist, aber der größte Teil ist natürlich immer diese, dieser Mittelteil, der Erarbeitung.

Und das Üben an anderen Beispielen, diese Beispiele sind wirklich, solche Beispiele, wie ich sie auch in Büchern finde. Ganz kurze Aufgaben quasi noch mal, keine wirklichen Kontexte, oder?

Nein, wirkliche Kontexte habe ich bisher da nicht gemacht. Also das wurde mir dann irgendwann auch zu unübersichtlich und auch für meine Planung, man muss ja auch selber irgendwie dann immer planen so viel und es ist ja auch so, dass die Schüler ja nun mal ein Schulbuch haben und es zwischendurch auch ganz schön ist, auch wenn sie dann für eine Klassenarbeit lernen wollen, dass sie mal irgendwas mit dem Schulbuch auch gemacht haben.

Ja klar.

Also von da her nehme ich dann schon die Klassiker aus dem Schulbuch, oder wie gesagt, wenn sich das jetzt gerade anbietet und sowieso irgendwie naheliegt noch ein Alltagsbeispiel zu verwenden, dann mache ich das auch, aber ich ziehe das jetzt nicht mehr so groß als Kontext auf, sondern dann ist es wirklich eine Übung, aber die nimmt, also meine ich, bei mir noch zu wenig Anteil an.

Also Du würdest Dir wünschen, dass mehr Übungsmaterial auch zur Verfügung steht?

Ja, würde ich begrüßen, auf jeden Fall.

F.5 Interviewpartner 5:

Würdest Du bitte erläutern, inwiefern Du in das „Chemie im Kontext“- Projekt involviert warst?

Ich habe eine Zeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Uni verbracht und auch am IPN in Kiel und hab´ dort zusammen mit Ilka Parchmann erste Einheiten für die Sekundarstufe I entwickelt, hab´ sie dann mit einem befreundeten Lehrer umgesetzt und auch begleitet, ich hab´ die aufgenommen und habe auch so ein Set, das sind ja sächsische Sets innerhalb des BMBF-Projekts geleitet, ja und hab´ es sozusagen auch begleitet als ich an der Uni war und dann eben auch direkt umgesetzt als ich endlich in der Schule war.

Was hat Dich zur Teilnahme motiviert?

Die Tatsache, dass ich zuallererst für die Sekundarstufe I einen rein fachsystematischen Unterricht durchgeführt habe und immer wieder mir selbst die Frage nicht beantworten konnte: Wozu brauchen die Schüler das? Was antworte ich den Schülern, wenn die fragen: Frau Schmidt wozu brauchen wir das? Und das war ein ganz wichtiger Punkt zu sagen, dass die lebensweltlichen Phänomene, ja die Richtschnur oder der rote Faden bei der Erarbeitung von Fachinhalten sein soll.

Ja. Aus Deiner Sichtweise, nicht nur aus Deiner persönlichen Erfahrung mit CHiK, sondern auch im Hinblick auf die Begleitung von Sets, die Du vorhin ansprachst, was sind für Dich die positiven Aspekte dieses Ansatzes verglichen mit der Unterrichtspraxis zuvor?

Die stärkere Schülerorientierung sind, die ist ausgesprochen positiv und das Anknüpfen an, an Vorwissen, also man…bei der Fachsystematik kann man zwar in sich schlüssig arbeiten, aber die Schüler packen das sozusagen in so eine extra Schublade für die Chemie und ihre, ja ihre alltagsorientierten Theorien über Vorgänge, die werden davon gar nicht berührt und jetzt hat man eben diesen großen Vorteil, dass die Schüler schon ganz, ganz viel wissen oder vermeintlich wissen und man daran anknüpft und sie manchmal auch irritiert und ja konfrontiert mit ja sogenannten kognitiven Konflikten. Wenn man ihnen dann entsprechenden Input gibt, von dem sie auch dann merken, dass sie ihn brauchen, dann können sie wieder ganz viele Schritte allein gehen und das, dieses Wechselspiel das macht das Unterrichten sehr, sehr, sehr viel angenehmer.

Wo gab es Probleme und Schwierigkeiten insbesondere im Hinblick auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler?

Da muss ich jetzt überlegen. Sicherlich gibt es immer wieder Schwierigkeiten dahingehend, dass diese lebensweltlichen, dass diese Lebensweltorientierung oder Kontextorientierung ganz, ganz viele Fragen aufwirft, die man dann auch jeweils verschieden beackert, sage ich mal. Und es gibt dann die Schwierigkeit, dass man sehr stark in die Breite geht und dann als Lehrer das Problem hat den Tiefgang zu erreichen und die Schüler dann wieder zu sammeln für, ja für eine gemeinsame Fragestellung. Das ist also immer wieder schwierig von der Breite wieder in die Tiefe zu gehen, aber es ist nicht so, dass es nicht gelingt.

Gibt es noch andere Schwierigkeiten oder Probleme?

Sicherlich. Ich muss jetzt mal eben strukturieren. Also dieses durch den Trichter schicken und wieder zu, ja wieder zu gemeinsamen Ergebnissen zu kommen, das ist sicherlich die

größte Herausforderung bei CHiK. Eine Schwierigkeit ist sicherlich auch, dass die Schüler sich, dass die Schüler Gefahr laufen sich in so Einzelfakten und Einzelfragmente, so Wissensfragmente zu verzetteln, also sie lesen dann ganz, ganz viel, sie ziehen natürlich auch andere Quellen heran als so im klassischen fachsystematischen Unterricht in dem sie einfach nur ein Schulbuch benutzen und dann lesen sie Sachen, die zuweilen kompliziert sind und die eben auch, ja bei denen es eben […] um ganz viele Details geht, die sage ich mal für das Verständnis jetzt erst einmal nicht notwendig sind und die merken sie sich und dabei verlieren sie sozusagen den Blick für das wesentliche oder sehen auch halt den, den Wald vor lauter Bäumen nicht.

Wie sieht es aus, wenn ich nach einem spezifischen Kontext, in dem ich nun die fachlichen Konzepte erarbeitet habe, eine neue Problemsituation oder einen neuen Kontext anbiete? Siehst Du da auch Probleme oder hatten die Schüler da auch Schwierigkeiten?

Also ist es ein neuer Kontext der die gleichen Basiskonzeptinhalte benötigt oder, also so etwas wie eine Neukontextualsierung oder ein ganz anderer?

[…] Nein, einfach noch einmal dieselben Basiskonzepte in einem anderen Zusammenhang.

Das versuche ich eigentlich in jedem Kontext zu machen, weil das zwingend notwendig ist um den Schüler zu verdeutlichen, dass sie, dass sie allgemeine Prinzipien erarbeitet haben. Vorher sind es in dem Sinne noch gar keine Basiskonzepte, weil sie an den einzelnen Themen kleben sozusagen. Also der Schüler hat, glaube ich, oder das wäre auch zu viel verlangt zu sagen, dass der Schüler an einem Kontext bereits das Allgemeine aus diesem einen Beispiel herausheben kann. Also ich nenne das dann immer „Erntestunden“, wenn ich das mal völlig neu verpacke, also eine neue Kontextualsierung wähle und man dann erkennt, ah hier brauche ich, hier benötige ich es auch. Und ohne das geht es eigentlich auch nicht. Und man erkennt auch in diesen Phasen auch wirklich die Leistungsträger des Unterrichts. Also das ist, also das ist die hohe Kunst dann. Ich meine das ist ja für uns alle ein hoher Anspruch, ja.

Diesen Transfer zu leisten?

Ja, genau.

Bevor ich auf Deine „Erntestunden“ noch einmal näher eingehen möchte, würde ich Dich bitten, könntest Du mir einmal die typische Struktur einer „Chemie im Kontext“ – Einheit erläutern?

Das mache ich jetzt mal an einem Beispiel. Ich mache jetzt gerade in der neunten Klasse „Strom durch Chemie“, dort hab´ ich ja erst mal ein paar Zitate und Beispiele über Batterien eingebracht und habe jetzt erst mal Fragen entwickeln lassen und Stromvorstellungen hervorgelockt, daraus haben wir einen Fragenkatalog entwickelt, den haben wir dann mit Hilfe eines „mind-managers“ strukturiert. Das würde ich jetzt, also das ist eigentlich so eine klassische Begegnung, die dann zu einer Planungs- und Strukturierungsphase kommt. Die Erarbeitung, die enthält immer Elemente, die selbst, also die so schülergesteuert ist oder sind […] also immer Aspekte wo, mit einer hohen Schüleraktivität aber auch solche mit einer hohen Lehrerzentriertheit, also das wechselt so immer so ein bisschen und diese Erarbeitungsphase, die jetzt kommen wird, die beinhaltet, dass wir eine Stationsarbeit zum Thema Batterien machen, dass wir ein Gruppenpuzzle zum Thema Atomaufbau, also differenzierter

Atombau behandeln, aber dass wir auch ganz klassische Stunden haben im, im Lehrer-Schüler-Gespräch, da geht es um die Erarbeitung der Zink-Bromid Zelle und der vergleichenden Reaktion von Zink und Brom ja direkt nasschemisch sozusagen und die werten wir aus, da kommen dann die neuen Fachbegriffe, wie Kationen, Anionen, Redoxreaktion, die mache ich relativ klassisch lehrerzentriert, oder was heißt lehrerzentriert, aber im Unterrichtsgespräch, die sind dann so problemorientiert und da sind auch ganz normale Stunden mit Erarbeitungsfrage oder Problemfrage oder Hypothese und Erarbeitung und Hypothesenprüfung sozusagen, während dann andere Stunden wirklich offener gestaltet sind und ja längere Gruppenarbeitsphasen dann auftreten, die auch nicht mehr en detail jetzt nachbesprochen werden und das ist dann so ein, ja so die Methodik der Erarbeitungsphase, die ich wüsste jetzt nicht, also ich denke so an die 16 Stunden werde ich dafür brauchen und eine Dekontextualisierung findet dann statt im Anschluss, ja oder besser gesagt eine Nutzung der gelegten Konzepte, indem wir uns dann einerseits noch mal das Periodensystem der Elemente ansieht, das wir vorher schon mal strukturiert haben und Ordnungsprinzipien erarbeitet haben und dass wir uns jetzt aber mit Hilfe des differenzierten Atombaus noch mal anschauen und dann geht es noch einmal so um Mineralwasser, Metalle im Wasser, was bedeutet das eigentlich wenn da Natrium und Kalium und Magnesium drin sind, oder was bedeutet es wenn Eisen, wenn Wasser eisenhaltig ist oder ich eine Eisentablette nehme und das ist dann ja auch noch mal eine Anwendung der, der Ionenlehre. Ja und das ist so, also damit habe ich eigentlich die Phasen aufgezählt, die auch in CHiK typisch sind, nämlich eine „Begegnung“, eine „Strukturierungs- und Planung, Neugier“, den Begriff „Neugierphase“, den nutze ich eigentlich nicht so, ja die methodisch abwechslungsreiche, schülerorientierte Erarbeitung ist drin und eine neue Kontextualisierung ist zum Abschluss auch drin.

Könnte ich noch mal, könntest Du noch mal sagen wie viel Stunden Du für die „Begegnungsphase“ und wie viel für die „Planungsphase“ immer so einplanst?

Das sind meist eins und eins. Also so eine Stunde für die Begegnung ist mir immer schon wichtig, weil das mehr sein muss als nur, nur ein Einstieg. Bei einem Einstieg kriegt man auch zu wenig Fragen. Und das Planen, das ist meist auch nur eine Stunde einfach weil wir das, also wenn man das mit Karteikarten macht oder so, dann brauchen die Schüler auch einfach eine Weile die Karten zu legen und sich auch gegenseitig auszutauschen und wenn man gemeinschaftlich, so wie jetzt mit dem, mit einem mind-manager arbeitet, dann muss man das auch erst einmal vorne in den Rechner hacken, das braucht eigentlich auch immer eine Stunde.

Könntest Du in diesem Zusammenhang der Struktur einer typischen „Chemie im Kontext“ – Einheit Dein Verständnis von der Beziehung zwischen Kontext und Konzept erläutern?

Meine, mein Begriffskonzept, also meine, wie ich die Begriffe definiere?

Ja und wie sie zusammenhängen, welche Beziehung zwischen Beiden besteht.

Ah ja, also der Kontext ist quasi die, das ist erstens motivational immer so etwas wie eine Richtschnur. Man kann keine Konzepte erarbeiten, wenn man dafür nicht einen Kontextinhalt hat, also irgendetwas, was sie in Frage gestellt haben, was nun in unserer Mind Map drin ist, oder was eben mit diesem, mit diesem lebensweltlichen Thema zu tun hat und die Konzepte, die sind notwendig, weil man sonst den Kontext nicht durchschauen kann, also Beides ist quasi miteinander vernetzt. Die Konzepte zusammenhangslos zu erarbeiten ist nicht sinnvoll, weil man dann ihre Anwendfähigkeit nicht verdeutlicht und wenn ein Kontext so spezifisch ist, dass er nur irgendwelche, nur irgendwelches Spezialwissen, irgendwelche

Details liefert, dann kann er eben auch, dann ist es für mich kein Kontext, weil er eben keine Konzepte notwendig macht.

Könntest Du noch mal ein bisschen näher ausführen, wie die Phase der Dekontextualisierung in Deinem Unterricht aussieht?

Das, da gibt es eigentlich, da habe ich kein festes Schema. Es gibt Erarbeitungsphasen, die sind so gestaltet, dass man zwischenzeitlich mal aus dem Kontext raus muss und so eine „Erntestunde" macht, also beispielsweise bei dem „Vorkoster-Kontext" schlagen die Schüler ja Methoden vor um die Bestandteile der Cola zu, voneinander zu trennen und dann hat man eben, beispielsweise arbeitsteilig mehrere gemacht, mehrere Verfahren erarbeitet und dann sagt man, dann kann man auch mal eine ganz zentrierte Stunde machen und sagen wir müssen jetzt erst mal sammeln welche Verfahren wir hier jetzt insgesamt in der Gruppe schon erarbeitet haben, man kann Dekontextualisierung vorbereiten indem man verallgemeinert als Hausaufgabe beispielsweise verallgemeinernde, oder kontextunabhängige Informationsblätter ausgibt. Es gibt aber auch so klassische Situationen, bei denen am Ende des Kontextes klar sein muss, dass man jetzt die Ergebnisse bespricht, das passiert dann z. B. in Form von Posterpräsentationen oder manchmal auch power-point-Präsentationen und dass man dann quasi so was wie so einen Merkzettel macht: was sind die wesentlichen neuen, ja Fachinhalte, neuen Konzepte, die wir, die wir erarbeitet haben und diese Merkzettel, die machen die Schüler dann selbst, also beispielsweise wenn man eine Präsentation hat zu, zu „Max Sauer" oder zu, wie immer man sie nennen möchte die Einheit also zu Säuren und Laugen, dass man dann ein gemeinschaftlich ein, zwei weitere Poster erstellt, nämlich ein Poster völlig allgemein zu den Eigenschaften von Säuren und Basen und Eigenschaften von sauren und alkalischen Lösungen und ein zweites Poster, dass habe ich bisher, oder das habe ich jetzt schon zweimal so gemacht, zu den quantitativen Aspekten, die auch völlig neu sind und das können sie z. B. machen, indem sie das vorbereiten in Tandems, also in Zweiergruppen, der eine ist für die qualitativen Zusammenhänge und der andere für, der andere für die quantitativen Zusammenhänge zuständig und anschließend stellt man ein gemeinsames Klassenposter her.

Diese Phase der Dekontextualisierung, habe ich Dich dort richtig verstanden, dass Du zunächst auf die, ja auf die Basiskonzepte abhebst, auf die allgemeinen Prinzipien, die zuvor im Rahmen des Kontextes erarbeitet wurden, um dann den Transfer in eine neue Situation und in einen neuen Kontext leisten zu können?

Ja. Ich mache das meistens so, dass ich quasi erst die Abstraktion leiste und dann irgendwie mir den neuen Kontext und dann den neuen Kontext anbiete, ja.

Wenn wir, also wir haben ja ganz am Anfang über Probleme und Schwierigkeiten der Lernenden gesprochen im Kontextunterricht und es klang ja ein wenig an, dass dieser Transfer ihnen durchaus Probleme bereitet und Du sagtest ja das ist wirklich nur etwas für die Leistungsstärksten der Gruppe. Was könnten die Ursachen für ein solches Transferproblem sein?

Also um das richtig zu stellen, das ist die anspruchvollste Phase meiner Meinung nach und man merkt da auch, dass besonders die Leistungsträger einer Gruppe dann gefordert sind. Da kann man alle mitnehmen anschließend, das ist, also ich will jetzt nicht so sagen, dass der Kontext nur so was für die, also da macht sich sozusagen deutlich, dass nur die Leistungsträger es auch verstanden haben, sondern ich will damit sagen, dass diese Phasen notwendig sind damit man noch, also damit man wie im konventionellen Unterricht auch, dass man, damit man die Ergebnisse wirklich als allgemeine Prinzipien sichert muss man solche

Phasen haben und da haben und für diese Sicherung haben die Leistungsträger eine besondere Rolle. Aber wenn man die Dinge erarbeitet hat, dann sind sie auch prinzipiell für alle verfügbar. Also wie im, wenn man mal vergleicht mit einem klassischen forschend-entwickelnden Unterricht da hat man ja auch offene Phasen zu Beginn, dann geht es ja bei der Hypothesenformulierung ja auch schon darum, dass man, dass der Problemgrund oder dass auch eine Hypothese eigentlich eher von den Leistungsträgern zu entwickeln ist, die Erarbeitung wieder, die kann für einen großen Teil der Lerngruppe, oder für alle geleistet werden und bei der Ergebnissicherung, ja da kann man es auch schon haben, dass nicht alle wirklich zu sinnvollen Ergebnissen kommen. So ist das eben bei „Chemie im Kontext" auch, das heißt nicht, dass man an der Stelle dann irgendwie, ja Leute „abnabelt", sag´ ich mal und auch abhängt, sondern dass man, dass man da eigentlich eben die Heterogenität der Gruppe nutzen muss und kann, so dass, ja das letztendlich das Ergebnis vernünftig für alle ja gesichert und erreicht wird. Also das will ich damit nur sagen, ich will nicht sagen, dass für die Leistungsschwächeren an dieser Stelle eine Problemsituation da ist. […] *sondern dass ihnen die Dinge auch in gewisser Weise dann auch vorgedacht und noch mal präsentiert und akzentuiert werden.*

Wenn ich noch mal ganz konkret nachfragen darf, würdest Du es unterstreichen, dass es ein Transfer-Problem gibt im kontextorientierten Unterricht oder meinst Du gerade durch diese letzte Phase wird dem entgegengewirkt?

Ja, ich wollte gerade sagen, sonst hätte ich es nämlich falsch verstanden. Ich glaube dieses Transfer-Problem, das gibt es immer und das gibt es im fachsystematischen Unterricht genauso und wenn nicht sogar noch häufiger weil man es weniger deutlich durchschauen kann. „CHiK"-Unterricht und gerade die Neukontextualiserung, die arbeitet, die beackert wirklich aktiv das Transfer-Problem. Ein konventioneller Unterricht ist es ganz oft so, dass an einem Phänomen irgendwas erarbeitet wird und dann huscht man schon zum nächsten Phänomen. Das wird einem da gar nicht deutlich, ob man, ob die Schüler da den Transfer leisten können, weil man dann schon, was weiß ich, beim nächsten Fall ist. Redoxreaktionen, dann wird halt einfach das ganze Konzept wird nur an einer Reaktion besprochen und dann macht man vielleicht noch eine zweite und dann geht man schon zum nächsten Phänomen über und bespricht eine Formel, oder eine Formelbestimmung und diese Transfer-Möglichkeit aus einem komplexen Zusammenhang, den man auch erst wieder durchschauen muss, der bietet ja gerade irgendwie so eine tolle Möglichkeit zu erkennen, wer hat es denn verstanden, wer sieht denn die Anwendfähigkeit, also ich bin da, ich formuliere es mal so: ein Transfer-Problem, das allgemein das Lernen in der Chemie wie auch in anderen Fächern bestimmt, das da ist, kann durch die, durch Chemie im Kontext ganz hervorragend bearbeitet werden.

Und gerade dadurch bearbeitet werden, indem ich immer wieder neue Kontexte anbiete, in denen sie dieses Konzept üben können?

Genau.

Bevor ich aber dieses machen kann, also das Anbieten neuer Kontexte abstrahierst Du zunächst auf allgemeine Prinzipien, oder also auf die Basiskonzepte?

Ja.

Also wenn ich das noch einmal prägnant formulieren kann, diese vierte Phase, die Du gerade beschrieben hast, also Dekontextualisierung, ist quasi die Begegnung des Transfer-Problems?

F.6 Interviewpartner 6:

Meine erste Frage: Erläutern Sie bitte, inwiefern Sie in das „Chemie im Kontext“-Projekt involviert waren.

Ich war Koordinator von Z1, Niedersachsen und habe natürlich auch mitgemacht als Lehrer vom Adolfinum.

Ja, was hat Sie…

…außerdem habe ich eine Promotion in diesem Rahmen gemacht.

[…] Was hat Sie zur Teilnahme motiviert?

Zur Teilnahme motiviert...ich wurde vom Kultusministerium angerufen. Man hat mich gefragt, ob ich in meiner Eigenschaft als Fachleiter für Chemie hier am Studienseminar auch noch eventuell da als Koordinator, oder ob ich daran Interesse hätte. Und da das ja ein ganz interessantes Projekt ist und ich Frau Parchmann ja auch schon kannte, hat mich das motiviert.

Könnten Sie mir bitte die typische Struktur einer „Chemie im Kontext“-Einheit erläutern?

Die typische Struktur? Ja klar. Das geht los mit einer Neugierphase im Grunde genommen, in der die Schüler also an irgendetwas herangebracht werden, neugierig gemacht werden auf irgendetwas und dann kommt im Grunde genommen so eine Phase in der die Schüler ihre eigenen Fragen formulieren dürfen und in der Erarbeitungsphase wird man dann eben versuchen die chemischen Fragestellungen die sich da in irgendeiner Form dann aus einem eigentlich interessanten Thema, das eigentlich dann auch vielleicht gar nicht so viel mit Chemie zu tun hat ergeben zu beantworten mit chemischen, naturwissenschaftlichen Mitteln. Dann, wenn man das gemacht hat und zum Kontext durch ist, ist es natürlich ganz wichtig, dass man das ganze dann noch mal so ein bisschen vom Kontext abhebt, sprich also diese Dekontextualisierung, wie ich sie immer bezeichne, wo man dann noch mal auf die eigentlichen chemischen Basiskonzepte, die dabei rausklicken abheben kann.

Wenn ich jetzt noch einmal konkret auf die einzelnen Phasen eingehen dürfte, was ist der Übergang von der ersten Phase, der Neugierphase zur zweiten Phase hinsichtlich des Lernprozesses? Wie, was ist die Motivation von der ersten Phase in die zweite Phase überzutreten?

Ja, wenn Neugier, die…Also die erste Phase, halt das ist ja auch falsch, ich habe ja auch was falsches gesagt, die erste Phase ist ja auch die Begegnungsphase, wo sie nur begegnen. Also wir reden jetzt vom Übergang von der Begegnungs- zur Neugierphase. In der Begegnungsphase werden sie eben mit so ein Text oder ein interessantes Einstiegsbeispiel, über eine interessante Thematik mit der eigentlichen Geschichte konfrontiert und daraus ergeben sich dann, wenn man, wenn das denn interessant scheint, situativ interessant ist für die Schülerinnen und Schüler ist es natürlich so, dass sich dann natürlich auch entsprechende Fragen daran anschließen, dass heißt sie werden neugierig auf das Thema und der Unterschied ist eben der, dass das eine eine Begegnung ist und das andere dann in der Neugierphase diese Fragen formuliert werden dürfen und anhand dieser Fragen wird dann eben in der Erarbeitung ausgerichtet an den Fragen der Schüler natürlich auch das ganze dann eigentlich implementiert.

So dass also der Übergang von der Neugier- zur Erarbeitungsphase motiviert ist durch die…

Stopp, Stopp, Stopp. Wir sind von der Begegnungsphase zur Neugierphase gerade.

[…] und von der Neugier- zur Erarbeitungsphase?

Der Unterschied von der Neugier- zur Erarbeitungsphase ist dann der, dass man dann in der Neugierphase seine ganzen Interessen bekundet hat auf die man neugierig ist und Fragen formuliert hat z. B., dieses Einstiegsbeispiel in der Begegnungsphase gebracht hat, die formuliert man ja in der Neugierphase, wo man alles was einen, worauf man neugierig ist formulieren kann, die Erarbeitungsphase ist dann das, wo man auf die Fragen, die in der Neugierphase formuliert wurden eingeht.

Und der Übergang dann zur vierten Phase? Sie sprachen von einer Phase der Dekontextualisierung. Inwiefern ist dieser Übergang motiviert im Lernprozess?

Na ja, insofern als es für Schüler ja immer wichtig ist, dass ist ja das Wichtigste dabei, das ist auch ein häufiger Vorwurf den man „Chemie im Kontext" macht, dass der rote Faden verloren geht, dass dann im Grunde genommen noch mal quasi den fachlich chemischen rote Faden durch, über das Ganze gelegt wird am Ende der Einheit.

Wenn ich sie richtig verstehe, ist die Rolle des Kontextes zunächst einmal unter motivationalen Gesichtspunkten zu sehen.

Ja, sicherlich.

Wie würden Sie…gibt es noch andere Faktoren, die die Rolle des Kontextes beeinflussen?

Die Rolle des Kontextes? Ja, natürlich, also der…man sollte sich dann schon so ein bisschen im Grunde genommen auch an die Lerngruppe halten. Die Lerngruppe hat ja auch Interessen, als müsste man den Kontext auch so ein bisschen interessenorientiert natürlich im Vorfeld aussuchen.

Wenn ich jetzt ganz konkret in die einzelnen Phasen schaue, wenn sie das jetzt gerade erläutert haben hört es sich für mich so an, dass schon, gerade in den ersten zwei Phasen, die Lernenden den Unterricht dominieren und lenken.

Ja sicherlich.

In der Erarbeitungsphase, wie würden Sie dort Ihre Rolle und Funktion als Lehrperson sehen?

Also ich würde sagen, wenn in der Neugierphase die Fragen formuliert sind, […] / […] [im „Ötzi-Kontext"] *da ist es ja dann auch so, dann würden dann im Grunde genommen, dann würde es ja im Grunde genommen so sein, wenn hier Fragen formuliert sind, müsste man natürlich auch überlegen, wie kriegt man Antworten auf diese Fragen und dann kommen eben auch die Experimente eigentlich rein. Das heißt also, dass heißt also für mich ist immer wichtig das, für mich ist immer wichtig das, wenn die Schüler einmal die Spur aufgenommen haben von etwas, dass sie auch die Spur nicht mehr verlieren, auch die fachwissenschaftliche Spur natürlich nicht von dem Ganzen, dass heißt also mit anderen Worten, wenn ich das*

immer auf den Punkt bringe, hypothesengeleitetes Experimentieren ist da für mich das Entscheidende. Wir haben ja, dass ist glaube ich für mich das Allerwichtigste bei meinen Kontexteinheiten immer gewesen, wir haben ja das Phänomen, dass die Schüler immer sagen, ja wir experimentieren alle wahnsinnig gern, das macht auch unwahrscheinlichen Spaß und das empfinden wir auch als toll, wenn sie dann nach Anleitung was zusammenmischen dürfen, um dann zu erklären wie es geht, nur das erklären wollen sie ja nicht mehr. Das heißt also das Experiment wir in den Mittelpunkt gestellt dann folglich im tradierten Unterricht und dann sollen sie das erklären, aber die wollen das gar nicht erklären, die wollen das im Grunde nur machen weil eben experimentieren eine etwas aufgelockerte Sozialform ist. Hier ist das ja ganz anders. Hier ist das ja so, hier werden die Experimente ja nicht einfach so rein gebracht, jedenfalls in meinen Kontexten nicht und so würde ich das auch immer als wichtigsten Punkt, in 70 % der Kontexte ist das meiner Ansicht nach nicht erfüllt, das würde ich als wichtigsten Punkt sehen, dass die Schüler dann wirklich nachdem sie die Spur einmal aufgenommen haben, das Experiment so verstehen, dass sie unter dem Fragefenster von Hypothesen, die sie aufgestellt haben, zugeschnittene Experimente konstruieren, um diese Hypothesen zu versuchen zu falsifizieren. Das ist für mich echt das Wichtigste.

Das heißt die, aus dem Kontext heraus ergeben sich Hypothesen, Fragestellungen, die in der dritten Phase, der Erarbeitungsphase an geeigneten Experimenten überprüft werden und im Rahmen…

Ja, also einmal ergeben sich Fragestellungen experimenteller Natur aber natürlich gibt es auch ganz viele Erklärungshypothesen, also das ging ja auch, also nehmen wir an, machen wir das Beispiel wenn das Bild mit dem Ofen und dem Steinzeitmenschen da aufgelegt wird, im „Ötzi-Kontext“ z. B., da ist dann die Frage was macht der da eigentlich in dem Ofen? Nimmt der da Metall oder holt der da Metall aus Steinen raus? Das muss ja ein Unterschied sein.

Sagen Sie, in der dritten Phase, in der Erarbeitungsphase dort entwickle ich doch eigentlich die fachlichen Konzepte, die in dem Kontext eingebettet sind, oder?

Ja.

Die vierte Phase, die Dekontextualisierung habe ich Sie da richtig verstanden, dass Sie damit meinen, dass Sie die zuvor erarbeiteten Konzepte, die Sie konkret in einem Kontext nun erarbeitet haben, aus dem Kontext herausnehmen und quasi auf rein fachlicher Ebene betrachten?

Also, nein, also z. B., nein, so nicht, also nicht auf rein fachlicher Ebene, sondern also z. B. das Thema ist Redoxreaktionen, ist es ja eigentlich, so das Thema ist Redoxreaktionen. Nachdem sie das Prinzip des Sauerstoffaustausches, des Austauschs gebundener Sauerstoffatome, sagen wir es mal vorsichtig, weil Ionen habe ich ja zu diesem Zeitpunkt meistens noch nicht, verstanden haben, ja, ist jetzt also die Dekontextualisierung, geschieht jetzt die Dekontextualisierung, so, dass das Prinzip der Redoxreaktion natürlich einmal fachlich noch mal erläutert wird, indem man sagt, an diesem Beispiel haben wir folgendes gesehen und das war eine Redoxreaktion und dann kommt z. B. ein Beispiel, was weiß ich, in Form einer offenen Aufgabe zu diesem Thema auch zu Übungszwecken und auch zur Dekontextualisierung natürlich in gewisser Weise, die Frage meinetwegen, warum konnten bereits die Steinzeitmenschen im Grunde genommen Kupfer gewinnen aus Erzen und um 19. Hundert konnte man noch aber kein Aluminium aus Erzen gewinnen.

Ist das nicht eine Art von Transfer, die Sie dort fordern?

Auch ja, aber es hat natürlich auch was mit Übung zu tun und vor allen Dingen natürlich auch noch mal mit, also das ist ja noch mal der zweite Punkt und vor allen Dingen natürlich auch noch mal, also der Transfer auf andere, es hat auch noch mal was mit Erweiterung zu tun, aber es ist natürlich vor allem dazu da, um diesen Begriff der Redoxreaktion jetzt nicht so rein fachlich im Grunde genommen, fachsystematisch als Definition da zu haben, sondern ihn eben noch mal in anderen Zusammenhängen auch noch mal zu üben.

Eine Erweiterung auch im Hinblick auf das Konzept selbst, meinten Sie, ja?

Ja.

Eine letzte Frage noch zur Struktur, die letzte Phase, die Phase der Dekontextualisierung, was ist dort die Rolle der Lehrperson und wie sieht die Rolle der Schülerinnen und Schüler hierzu aus?

Ja, an dieser Stelle haben die Schülerinnen und Schüler ja im Rahmen des Kontextes schon einiges Wissen angehäuft, die Rolle der Lehrperson ist jetzt im Grunde genommen hier weitere Beispiele noch zu finden meinetwegen, um das noch einmal zu üben und dann natürlich immer wieder auch etwas konzentrierter unter der fachsystematischen Brille zu betrachten.

Das heißt es ist schon stärker Gewichtung auf der Lehrperson?

In dieser Phase ja.

Dann hätte ich noch eine Frage, wie viel Prozent, wenn wir das jetzt prozentual aufteilen würden, die Gewichtung der einzelnen Phasen, wie viel Prozent der Unterrichtszeit verwenden Sie auf die Begegnungsphase? Ungefähr.

Ja, diese Begegnungsphase, also jetzt z. B. wenn man jetzt so einen Kontext hat wie den Ötzi, die geht ja irgendwie immer noch weiter, man begegnet ja immer wieder neuen Dingen im Grunde genommen, dass ist ja in dem Fall nicht nur so eine Begegnungsphase am Anfang, aber so ist ja die klassische Einteilung eigentlich gedacht, sondern die Begegnung geht ja weiter. Das heißt also quasi zwischenzeitlich gibt es eigentlich ja auch immer wieder Begegnungen mit anderen Situationen in denen sich dieser Steinzeitmensch denn ja gerade befindet. Also, aber wenn ich das klassisch sehen würde, dann würde ich sagen, liegt natürlich auf der Begegnungsphase, auf der allerersten, wo also wirklich also, durch die die Neugier eigentlich erzeugt werden soll, nicht mehr als 15 % würde ich sagen, also sicherlich nicht 20 %, wäre hoch, wenn, weil in der Regel findet das bei mir in den ersten beiden Stunden statt.

Die Neugierphase?

Also sagen wir mal 15, 15 für die beiden.

[…] Die Phase der Erarbeitung.

Wir sind jetzt bei 30, 50 %.

50 % Erarbeitung und die vierte Phase, die Dekontextualisierung 20 %. […] / *[…]*

Was waren die positiven Aspekte dieses neuen Ansatzes verglichen mit Ihrer Unterrichtspraxis zuvor, oder verglichen mit traditionellem Unterricht?

Ja, Methodenvielfalt, die völlig andere Rolle des Experimentes aber das liegt speziell in meinen Kontexten, wie gesagt, also die meisten Kontexte machen das noch nicht. Also sprich, da ist für mich das Wichtige eben hypothesengeleitetes Experimentieren. Das kann man natürlich auch im traditionellen Unterricht machen, da wird es natürlich noch weniger gemacht, aber hier das hypothesengeleitete Experimentieren in den Kontext zu implementieren das ist für mich wirklich mit das Wichtigste, weil dann damit das Experiment immer noch durchgeführt wird eigentlich von den Schülern, ja, also seine wichtige Rolle eigentlich nicht verliert, trotzdem aber unter einem ganz anderen Aspekt, nämlich nicht ein Experiments bei dem man viel Freude hat, sondern ein Experiment das man unter bestimmten Fragefenstern der Hypothesen quasi eigenständig plant um Antworten zu kriegen, ob man diese, ob man mit diesem Experiment gewisse Hypothesen, Erklärungshypothesen meinetwegen, die man formuliert hat falsifizieren kann.

Eine weitere Frage hätte ich noch dazu: Wo gab es Probleme und Schwierigkeiten insbesondere im Hinblick auf den Lernerfolg ihrer Lernenden?

Ja, das kommt ganz darauf an. Also, sagen wir mal so, das hat sich verändert. Als ich 2001 oder 2002 damit angefangen habe, da war das eigentliche Problem, dass man immer noch, dass man also immer noch viel zu lehrerzentriert viel zu, viel zu ja, ich nenne das in dem Fall […] sokratische Meeutik, dass man also, was den Schüler da versucht, weil man ja denkt das alles ist in ihnen, das alles rauszuhebeln, gebären, was man gerne hören möchte. Ja und das war am Anfang so und dann, die Methodenvielfalt ist natürlich ein Punkt, aber es ist nicht nur die Methodenvielfalt es ist auch eben das ganz andere lernen, was, die ganz andere Stellung der Experimente, alles ist irgendwie ganz anders, das situative Lernen der Schüler wird also maßgeblich gefördert, ganz einfach weil sie Probleme behandeln, die sie interessieren und nicht die die der Lehrer unbedingt für interessant hält.

Wenn ich jetzt aber auf dieses situative Lernen konkret eingehen dürfte, sie haben ja die Phase der Dekontextualisierung gerade genannt in dieser…

…ja aber wir sind doch jetzt gerade bei Schwierigkeiten vom Kontext.

Genau und sie sagten ja gerade dies situative Lernen ist dies ein Problem für die Lernenden?

Nein das, ja am Anfang schon, sehr.

Inwiefern, könnten sie das erläutern.

Ja, weil sämtlicher anderer Unterricht gibt ihnen da alles vor, das heißt die haben ja nie die Wahl irgendwie die Sinnhaftigkeit dessen was sie da machen müssen zu überprüfen.

Kann dieses situative Lernen nicht auch insofern zu einem Problem werden, als dass ich ein fachliches Konzept in einem spezifischen Kontext erlerne und eine Phase der Dekontextualisierung brauche, dass sie überhaupt Transfer üben können und leisten können?

Ja, das ist doch schön. Das ist natürlich für Schüler schwierig, ja. […] Ja, so ist das.

Was könnten die, wenn wir jetzt wirklich von einem Transfer-Problem sprechen würden, also wenn wir sagen würden, o.k. ich brauche diese vierte Phase, weil meine Schüler ein Problem damit haben Transfer leisten zu können, also muss ich es üben mit ihnen.
Ja.

Wenn wir von diesem Transfer-Problem sprechen, was könnten die Ursachen eines solchen Problems sein?

Ja, das, die Ursachen sind, die Ursachen sind eben das, dass das eigentliche wirkliche reine fachchemische Potential ja exemplarisch nur erlernt wird und wenn das denn nicht noch mal vorher rausgestellt wird, also auch wirklich jetzt noch mal quasi die Definition, die fachsystematische Definition einer Redoxreaktion also wirklich noch mal so ganz trocken an der Tafel steht, so richtig so wie es im Grunde in den Lehrbüchern zu finden ist, dann haben sie halt das Problem zu erkennen, dass die gleiche Situation bei anderen, in anderen Problemfällen tatsächlich vorliegt. Also quasi erkennen, dass es sich um das gleiche Phänomen eigentlich handelt, obwohl es völlig andere Stoffe sind.

Ich glaube damit haben sie meine letzte Frage schon indirekt beantwortet. Meine letzte Frage war nämlich: wie sind sie diesem Transferproblem in ihrem Unterricht begegnet?

Ja, habe ich ja schon gesagt.

Also durch diese letzte Phase sind Sie diesem begegnet?

Ja.

Könnten Sie noch als Letztes mir nur einen Eindruck vermitteln, wie diese letzte Phase bei Ihnen aussah? Sie sprachen von Übungen, von noch mal diese Redoxgleichungen, wie man sie in Lehrbüchern findet quasi noch mal anzuschreiben, wie muss ich mir diese Phase vorstellen?

Ja, also dass man, dass man im Grunde genommen jetzt tatsächlich noch mal also jetzt hat man ja, ich mache das immer gern auch exemplarisch, jetzt ist man ja irgendwie gekommen vom Malachit zum Kupfer und vom Kupfer zum Malachit, das ist jetzt alles abgeschlossen. Dass man dann erkannt hat, dass es ja offenbar darum geht, dass da Redoxreaktionen stattfinden, dass also, dass also Kupferoxid reduziert wird, dass man dann z. B. die Gaschromatogramme vom Holzgas ausgewertet hat, so mache ich den „Ötzi-Kontext" jetzt mittlerweile, dass man dann erkannt hat, welche Gase in dem Holzgas brennbar eigentlich, dass es nicht Kohlenstoffdioxid ist, das zu 50 % da ist, ist klar, dass das Kohlenstoffmonoxid ist z. B. ist klar. So, dass das Methan ist, ist klar und dass das auch Ethen sein kann ist auch klar. So, das kann alles brennen. Das man dann im Grunde genommen quasi die Reaktionsschemata die dazugehören zu den einzelnen Redoxreaktionen, die ablaufen könnten noch mal ohne irgendetwas herausschält erst mal um in einer Wiederholung es gesamten Kontextes noch mal die gesamte Chemie in Form von Definitionen und Reaktionsschemata vor Augen zu haben bevor man sie dann im Transfer auf eine Übungsaufgabe überträgt.

[…] und dann haben sie wahrscheinlich unterschiedliche Übungsaufgaben, so dass das Aufstellen von Redoxgleichungen und all das…

Ja, hauptsächlich…meine Aufgabe z. B. nach dem, meine Aufgabe z. B. nach dem stattgefundenen „Ötzi-Kontext“, die ich dann in der Klassenarbeit gestellt habe, […], mögliche Aufgabe zur Evaluation am Ende der Einheit:
„1854, ein Jahr vor der zweiten Weltausstellung in Paris, auf der der Öffentlichkeit zum ersten Mal ein Barren aus Aluminium vorgestellt wird, äußerte Sainte-Claire Deville auf einer Sitzung in der Pariser Akademie der Wissenschaft seine Vision zu dem von ihm zuvor hergestellten Aluminium […]: „Hat man denn je erfasst, was für eine große Zukunft dem Aluminium beschieden sein könnte? Man stelle sich nur vor, wie sehr ein weißes Metall, unveränderlich wie Silber, das an der Luft nicht schwarz wird, das schmelzbar, hämmerbar, dehnbar und zähe ist und das die wunderbare Eigenschaft aufweist leichter als Glas zu sein, wie sehr ein derartiges Metall von Nutzen sein könnte, wenn es gelänge es auf einfache Art zu gewinnen. Wenn man überdies in Betracht zieht, dass dieses Metall in der Natur in großen Mengen vorkommt, das ein Mineral der Ton ist, dann muss man auf´s Innigste wünschen, dass es zum Gebrauchsmetall werde. Ich habe allen Grund zu wünschen, dass dies geschehen wird.“ Deville bezeichnete das von ihm hergestellte Aluminium als „l´argent d´agire“, was übersetzt Silber aus Ton bedeutet.“
So, Aufgaben: „Nimm Stellung zu Devilles Aussage, dass dieses Metall in der Natur in großen Mengen vorkommt.“ Das heißt also ich will abtesten, ob die wissen, dass das Aluminium da nicht im Ton ist. So nach dem Motto, der Ton enthält Aluminium, weil es Aluminiumoxid ist.
Weiter b): „Es müssen weitere zwei Jahrzehnte vergehen, es müssen weitere Jahrzehnte vergehen, bis die Menschen endlich in der Lage sind in größeren Mengen aus Ton zu gewinnen. Die Erzeugung von Kupfer aus Erzen gelingt dagegen bereits in der Jungsteinzeit. Diskutiere Gemeinsamkeiten und Unterschiede. Du kannst vereinfacht davon ausgehen, dass Ton im wesentlichen aus Aluminiumoxid besteht.“
So etwas meinte ich mit Transfer.

Also das wäre für Sie eine typische Transferaufgabe.

Ja.

Und vor diesem Transfer müssen sie halt diese Phase der Dekontextualisierung haben, damit sie überhaupt den Transfer leisten können.

Ja, richtig.

F.7 Interviewpartner 7:

Erläutere bitte, inwiefern Du in das „Chemie im Kontext“ – Projekt involviert warst und was Dich zur Teilnahme motiviert hat.

O.k.. Ja, involviert war ich insofern, dass ich als wissenschaftlicher Mitarbeiter am IPN war das und zwar wurde ich das, weil ich vorher Referendariat gemacht habe und im Referendariat meine Examensarbeit zu dem Thema geschrieben habe, das sehr interessant fand und dann eben mich da um diese Stelle beworben habe. Dann war ich für drei Jahre, oder zweieinhalb Jahre noch mit Ilka am IPN und bin Ilka dann nach Oldenburg gefolgt und habe die ganze Zeit über diese Lehrerarbeitsgruppen betreut und zwar in Hessen, in Brandenburg und in Berlin. Ja und dann habe ich irgendwann noch einen Teil, also ein Kapitel aus dem Lehrbuch mitgeschrieben und dann andere, ja was heißt, also es geht jetzt speziell um Lehrerarbeit, wenn ich das richtig verstanden habe…

Ja, genau.

Also von da her die anderen Sachen kann man glaube ich dann weglassen. Habe also hauptsächlich diese Lehrergruppen eben mit angeleitet in den Bundesländern.

Du, vor dem Hintergrund dieser Erfahrungen, die Du dort gesammelt hast, was waren die positiven Aspekte dieses neuen Ansatzes, verglichen mit der Unterrichtspraxis zuvor?

Die positiven Ansätze. Ja, Du meinst aus meiner Erfahrung oder aus der Erfahrung der Lehrer, also was die da gesagt haben.

Beides, beides gerne. *[…] /* […]

Also meine Erfahrung ist natürlich damals hauptsächlich geprägt gewesen auch von dem Enthusiasmus mit „Chemie im Kontext“ vor allem das Interesse der Lernenden stärker berücksichtigen zu können. Das ging eben auch aus von dem, was ich im Referendariat selber erlebt hatte, dass ich das Gefühl hatte, dass die reine Fachsystematik den Lernenden sehr fremd ist und dass man Lernende halt darüber kriegt, dass man sie mit Themen aus ihrer Lebenswelt konfrontiert. Das ist erst mal wo die was mit anfangen können, wo die anknüpfen können und dass dann quasi ein didaktischer Kniff ist und zwar ein guter didaktischer Kniff, dass sie mit den Inhalten mehr anfangen können und wenn man es etwas positiver formuliert vielleicht wirklich was ist, was ihnen nicht nur hilft, dass sie lernen, sondern was ihnen vielleicht wirklich auch dann für ihr späteres Leben nützt, sie irgendwie lebenstauglicher, lebenspraktischer zu machen. Und das war auch, denke ich, der Aufhänger wo wir dann in der Setarbeit, also mit den Lehrern das so darzustellen versucht haben, oder auch so dargestellt haben mit guten Einheiten, die eben zeigen, dass es möglich ist mit lebensweltlichen Themen, die die Schüler erstens interessieren und von deren Inhalten die Lernenden auch wirklich was haben, trotzdem fachsystematische Kenntnisse rüberzubringen.

Wo gab es Probleme und Schwierigkeiten, insbesondere im Hinblick auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler?

Also, die häufigste Klage war, das haben wir auch an mehreren Stellen aufzugreifen versucht, dass die Lernenden vor dem, vor lauter Kontext den Inhalt nicht sehen. Das ist jetzt so bildlich durch, sprich, dass sie den, normalerweise im Unterricht immer vorhandenen

fachsystematischen „roten Faden“ nicht erkennen und im Prinzip der Kontext eine zusätzliche Schwierigkeit darstellt. Also die Idee ist ja eigentlich, dass man mit dem Kontext das Lernen erleichtert weil es lehr-lerntheoretisch Anknüpfungspunkte bietet, die Lernenden sozusagen ihr eigenes Wissen von vorhandenem Wissen aus konstruieren können, sie kennen bestimmte Dinge aus ihrer Lebenswelt und die greifen wir auf und daher kommen jetzt die Fachinhalte rein. So die, sozusagen die Theorie und das die Praxis teilweise aber lieber, dass sie eben zwei „rote Fäden“ aufnehmen mussten, dass sie einerseits mit einem Kontext was anfangen können mussten und zugleich aber natürlich weiter bei vielen Lehrern dieser fachsystematische Film abläuft, was ich mittlerweile auch besser verstehen kann, seit ich selber Lehrer bin, seit drei Jahren sozusagen. Was man als Lehrer halt sehr klar vor Augen hat: das und das und das muss dabei rumkommen und dann oft so doppelgleisig fährt, also einerseits immer wieder in den Kontext springt und sagt da und da knüpfen wir das an und dann aber auch immer wieder einzelne Stunden dann fachsystematisch sagt, das und das und das kann ich eigentlich nicht verstehen ohne das und ohne das und ohne das. Und wenn ich das miteinander zusammenbringe, dass für Schüler oft undurchsichtiger wurde, oder dann die Lehrer darüber geklagt haben, dass sie entweder unglaublich viel Zeit für eine bestimmte Einheit gebraucht haben, weil sie sozusagen doppelt gearbeitet haben, einmal den Kontext und dann den Fachinhalt, oder dass sie halt gesagt haben: wir haben jetzt hauptsächlich, wie ihr das vorschlagt, am Kontext gearbeitet und die Schüler haben dann aber das fachsystematische dann nicht so gut verstanden, als wenn ich jetzt einfach in dieser Zeit bloß fachsystematisch unterrichtet hätte.

Du sprichst von „nicht so gut verstanden“, wie äußerte sich dies? Konnten die Lernenden den Fachinhalt nicht in einem neuen Kontext anwenden oder wie hat sich dies Problem geäußert?

So weit würde man ja gar nicht gehen. Es ging tatsächlich eher darum, ob sie dann in vergleichbarer Qualität wie sonst, so weil das immer schwierig, weil wir haben da ja keine Erhebung gemacht, sozusagen Schwierigkeiten auf dem, was die Lehrer jetzt uns berichtet haben, die sie hatten. Also berichtet haben eben einzelne Lehrer, dass sie das nicht so reproduzieren können, wenn man jetzt einen Test geschrieben hat, der jetzt eben nicht in erster Linie kontextorientiert war, sondern der so ähnlich war, wie sonst auch, dass sie dann eben diese rein fachlichen Inhalte nicht in gleicher Qualität abgeliefert haben, wie diese Lehrer das sonst gewollt haben, oder sonst gewünscht haben oder so.

Könntest Du bitte etwas sagen zu der Beziehung zwischen dem Kontext und dem fachlichen Konzept, was Du vermitteln möchtest in der Einheit?

Das ist schwer zu sagen, weil wir ungefähr bestimmt zehn oder zwölf verschiedene Einheiten über die Zeit jetzt gemacht haben. […] *Soll ich am Beispiel das berichten, oder…*

Allgemein, wie siehst Du die Beziehung zwischen Kontext und Inhalt?

Also über konkrete Beispiele hinweg?

Ja.

Ja der Kontext soll für mich der lebensweltliche Rahmen sein, indem man ein bestimmtes chemisches Problem verstehen kann und für den, dessen Lösung man ein bestimmtes chemisches Fachwissen braucht. Also ich muss etwas bestimmtes fachsystematisch verstehen und das hilft mir dann z. B. zu verstehen, warum ich im Winter Salz auf die Straße schmeiße,

oder warum ich bestimmte Kunststoffe mit bestimmten Eigenschaften herstellen kann, oder was auch immer. Also diese Verbindung von einem fachchemischen Inhalt und einer lebensweltlichen Anwendung davon und das wäre die, würde ich sagen.

Könntest Du bitte noch mal die typische Struktur einer „Chemie im Kontext"-Einheit erläutern?

Die typische Struktur. Na es gibt ja das, das berühmt, berüchtigte Vierphasenschema mit in der Neugierphase am Anfang, die sollte möglichst motivieren und interessant sein und möglichst viele Fragen der Lernenden mit aufgreifen und auch in irgendeiner Weise dann visualisieren, festhalten. Da, wenn man von diesem Kontext ausgegangen ist, kommt das eigentlich in der Regel von selber, wenn man eine schöne Geschichte hat, vielleicht auch schönes Material dazu hat oder so, dass die Lernenden dann erst einmal Fragen sprudeln. Dann kommt eine Planungsphase, in der man versucht aus diesen vielen interessanten Inhalten eine Unterrichtseinheit zu basteln, das Wissen zu strukturieren, ähnliche Fragen zusammenzupacken, vielleicht auch Fragen eventuell hintenan zu stellen, von denen man sagen kann, die können wir leider chemisch nicht vernünftig begründen. Dann kommt die nächste Phase, die Erarbeitungsphase, in der ich versuche aus diesen verschiedenen Inhalten dann eine vernünftige Unterrichtseinheit zu machen, möglichst mit viel Schüleraktivität, dann die Schüler dann eine zeitlang diesen Fragen nachgehen lassen, die Inhalte aufbereiten lasse, Präsentationen mache und so weiter, Sachen vernetze mit Fachwissen, also an dieser Stelle kommt dann halt viel auch, kommt das Buch hinein, kommen Arbeitsblätter, die diese Fachfragen vernetzen mit, ja also diese lebensweltlichen Fragen vernetzen mit fachlichen Inhalten. Dann muss ich das in irgendeiner Form in eine Sicherung überführen, das passiert oft in Form eben von Präsentationen mit hand-outs dann vielleicht am Ende doch zu der zentralen fachlichen Sachen, so würde ich mittlerweile vorgehen, auch noch die ein oder andere gelenkte Stunde, wo man die Inhalte dann noch mal sichert und im Idealfall dann am Ende eine Vernetzung zu anderen Kontexten, wo man sieht, das was ihr jetzt gelernt habt, hat euch nicht nur genutzt diesen Kontext zu verstehen, sondern hilft euch auch an der und der und der Stelle und knüpft da und da noch mal an. Also vernetzen zum einen mit anderen Kontexten und dann aber auch natürlich Vernetzung mit anderen Fachinhalten, also wenn man sagt das und das Prinzip, Donator-Akzeptor habt ihr auch an der und der Stelle schon mal gesehen, Redox und Säure-Base und so weiter oder solche Sachen.

Also die vierte Phase quasi Vernetzung zu anderen Inhalten aber auch zu neuen Kontexten?

Genau. […] / *[…] Teilweise beides, ja.*

Darauf werde ich später noch mal eingehen, nun zuerst wie sieht die Gewichtung der einzelnen Phasen in Deinem Unterricht konkret aus? Wie viel Prozent Deiner Unterrichtseinheit verwendest Du auf welche Phase?

Also die längste Phase ist mit großem Abstand die Erarbeitungsphase.

Wie viel Prozent ungefähr?

Prozent? 85? Würde ich mal so sagen, so in der Größe. Das ist jetzt schwierig eine Zahl zu nennen, das kann man […]. Aber größenordnungsmäßig würde ich sagen, dass man typischerweise eine Doppelstunde am Anfang hat, in der man die erste halbe Stunde interessante Gegenstände darreicht, die Schüler sprudeln lässt, das ein bisschen aufschreiben lässt, vielleicht durch die Moderationsmethode das so ein bisschen, das erst mal alles gesichert wird,

was die an Ideen haben. Dann braucht man sozusagen die letzten 60 Minuten der Doppelstunde um das ein bisschen zu sortieren, zu überlegen welchen Fragen können wir nachgehen und so weiter. Vielleicht eventuell noch eine weitere Stunde um das genauer zu strukturieren und dann kommt eine relativ lange Phase, in der ich diesen ganzen aufgeworfenen Fragen und Aspekten nachgehe.

Und wie sieht die letzte Phase aus? Wie viel Prozent, oder wie viel Stunden verwendest Du…

Die letzte ist dann vielleicht, also die letzte ist länger als diese eine Doppelstunde, aber auch nicht viel länger, vielleicht dann zwei Doppelstunden. Also ich rede jetzt in Oberstufen, wo man also relativ viel Unterricht hat. In der Mittelstufe muss man das alles ungefähr durch zwei teilen, was ich jetzt gerade gesagt habe.

Und die, die Hauptphase, diese 85 %, wie viel Stunden sind das bei Dir so ungefähr?

Ja, das ist wirklich schwer zu sagen, weil das kommt auf die Einheit an. Also ich hatte im ganzen letzten Schuljahr, in dem ganzen letzten Schuljahr habe ich eigentlich nur einen größeren Kontext drin. Ich habe es versucht noch einen zweiten dann aufzumachen mit nachwachsenden Sachen, aber da habe ich mit meinem ganzen Leistungskurs den Kontext, das ging um Waschmittel und Tenside und so weiter, das war also alles im Prinzip kann man sagen, da haben wir am Anfang einmal diese Fragen gesammelt und dann haben wir dies durchgearbeitet und dann kommen halt noch die curricularen Vorgaben, wo man das und das und das einbauen muss, was aber alles noch irgendwie zu dem Kontext dazugehört. Das kann sehr unterschiedlich sein, das kann aber auch sein, dass es mal zehn Stunden sind insgesamt und dann habe ich nur irgendwie sieben oder acht eben oder für eine Erarbeitung.

Wie sieht die Rolle der Lehrperson in der, in dieser Erarbeitungsphase aus und demgegenüber die Rolle der Schülerinnen und Schüler?

Auch das ist immer wieder unterschiedlich. Also in der Erarbeitungsphase gibt es auf jeden Fall immer wieder längere Phasen, wo die Schüler hauptsächlich selbst tätig sind, wo die Schüler sich eine Detailfrage ausgegliedert haben für sich und sagen der gehe ich jetzt nach und wo ich dann tatsächlich eher zwischen den Gruppen rumgehe, hier und da helfe, gefragt werde, wenn es Experimente sind Sachen bereitstelle Tipps gebe, für Nachfragen zu den Experimenten und so weiter bereitstehe, aber selber eben nicht in dieser dozierenden Funktion bin, also sozusagen keinen Gruppenunterricht, also keinen Großgruppenunterricht, das ist kein Frontalunterricht. Es gibt dann aber immer wieder auch so Phasen, wo man dann diese, wo man dann in so eine Co- Referentenrolle gerät, also gerade diese Phasen der Erarbeitung werden dann ja auch immer gefolgt davon, dass dann Schüler Präsentationen machen dazu, dass sie dann z. B. zeigen, wir haben jetzt dieses Experiment gemacht mit dem können wir diese und diese Frage nachgehen, dann zeigen sie nach und nach diese Sachen, die sie gemacht haben und die anderen hören zu. Und in dieser Phase, die ja eigentlich auch noch eine schülerzentrierte sein soll, ist es aber schon sehr oft so, dass man da in so eine ja mindestens Co-Referentenrolle gerät, die je nachdem wie gut dann die Präsentation der Schüler selber ist […]. Und Du wolltest auch noch wissen, wie sie in Abgrenzung ist zu den anderen Phasen, oder?

Ja und wie auch die Rolle von Dir und Deinen Schülern gerade in der Vernetzungsphase aussieht. Wie sieht so eine Vernetzungsphase aus unterrichtlich?

Also wenn es gut läuft ist es ja so, dass man ja im Prinzip schon während des Unterrichts der Erarbeitungsphase diese Sachen zur Kenntnis nimmt. Da merkt man, aha guck mal da und da haben wir manchmal wenn es ganz gut läuft auch von den Schülern selber, dass die Schüler dann sagen: ist das nicht so ähnlich wie. Da versuche ich für mich dann mitzuschreiben, da gehe ich dann im Moment nicht nach, oder ich sage, wenn das halt ein einzelner Schüler fragt, dann sage ich schon mal: guter Impuls, in der Tat, das ist so ähnlich wie und sage ihm dann da drei Sätze zu, weil ich ihn ja nicht abbügeln will, für mich mache ich dann aber irgendeine Notiz und sage: aha, da und da hat sozusagen ein Schüler von selber gemerkt, dass das und das der Fall ist. Dann schreibe ich mir das auf und dann versuche ich den, diese Vernetzungsphase dann, zum einen habe ich in der Regel selber noch einen input in der Vernetzungsphase, wo ich noch mal die wichtigsten Sachen auf einem Arbeitsblatt zusammenstelle, oder noch mal Aufgaben dazu gebe, noch mal zu gucken, habt ihr das jetzt wirklich verstanden, gerade jetzt in der Oberstufe, Abitur ist das ja ganz wichtig, dass auch diese Sicherung gut funktioniert und die halte ich immer noch für, oder oft für problematisch bei dieser Form des Unterrichts, für das gebe ich oft noch was mit rein und dann komme ich aber auf diese Personen zurück und sage: hier guck mal, Paul, Du hast doch da neulich eine interessante Frage gestellt, sag das doch noch mal und dann nimmt man das zum Ausgangspunkt für die Vernetzungsphase und dann habe ich entweder selber noch einen input oder ich lasse an der Stelle noch mal die Schüler im Buch nachgucken und noch mal vergleichen, aha tatsächlich, das war doch da genauso, oder das war doch da so ähnlich keine Ahnung, bei Redoxchemie z. B. dass man da feststellt, dass diese Redoxreaktion aus der Mittelstufe sich dann halt in der Elektrochemie der Oberstufe wiederfindet, diese Reihen. Solche Sachen sind das wohl, wo für viele Schüler sehr schön ist, da gibt es meistens irgendeinen, der Sachen entdeckt, die man mit der Vernetzungsphase dann brauchen kann und das hat natürlich den Vorteil, dass wenn es von denen kommt, dass man das nicht, dass es nicht so aufgestülpt wirkt.

Das heißt die Vernetzungsphase ist ähnlich wie die ersten zwei Phasen von Dir zwar moderiert, aber stark von den Schülern dominiert.

Das ist zumindest die Idee, wobei ich sage schon sagen würde, die letzte Phase ist stärker, also da nehme ich mir stärker raus auch zu sagen: so, das und das möchte ich jetzt aber sehen. Zeigt doch noch mal könnt ihr diese Form der Darstellung, könnt ihr das als Redoxgleichung, könnt ihr das. Das ich da schon noch mal stark darauf dränge, dass die eben das abliefern können, was ich vermute, was im Zentralabi dann verlangt wird. Also ich nehme mir da mehr raus und das hat auf jeden Fall einen höheren Redeanteil von mir. Da halte ich auch schon mal dann einfach eine Doppelstunde lang einen Vortrag und gebe alles das so raus und sage: das müsst ihr können, so. […] *Also die Idee ist natürlich schon noch auf jeden Fall die ganzen Aspekte der Sicherung, wenn sie dann von Schülern sich andeuten und wenn man aufmerksam zuhört, dann tun sie es oft, dass auf jeden Fall mit einzugreifen in diese Vernetzungsphase auch, oder miteinzubauen.*

Du sprachst gerade die Schwierigkeiten an für eine solche Sicherung des Erlernten. Wo sind da Probleme und Schwierigkeiten?

Na die Schwierigkeit ist oft die, dass die zentralen Ziele, die angegeben werden in den curricularen Vorgaben, dass die sehr stak inhaltlich und teilweise recht kleinschrittig sind und dass wenn ich einen Unterricht nach „Chemie im Kontext“ mache, der schülerorientiert ist und der von den Schülerinteressen ausgeht, ich nicht automatisch sicherstelle, dass die Schüler von sich aus die Sachen erarbeiten, die ich nachher sichern muss, sondern das kann dann halt auch ein bisschen in eine andere Richtung gehen und das ist auch oft der Fall und

dann muss ich zum einen in der Erarbeitungsphase schon nachsteuern, selber Fragen mit angegeben, das und das und das müsst ihr also auch machen und ich muss insbesondere bei der Sicherung dann darauf achten, dass ich es eben nicht dabei belasse, also zwar hat immer ein Schüler in der Lerngruppe stärkere und schwächere Schüler und es gibt immer wieder gute und schlechte Präsentationen von Ergebnissen und in der Sicherung kann ich es da aber nicht stehen lassen, da kann ich es nicht dabei stehen lassen, also die eine Gruppe hat das wundervoll gemacht, die hat jetzt die Polyglucoside wunderbar dargestellt und die andere Gruppe, die sollte dazu jetzt die ionischen Tenside oder irgendwas darstellen und die hat das aber ganz schlecht gemacht, dann muss ich in der Sicherung diese Sachen natürlich alle aufgreifen, das heißt ich muss dafür sorgen, dass eben alle Inhalte in gleicher Qualität gesichert sind und das ist natürlich stärker steuernde Rolle, während man im ersten ja erst mal guckt, o.k. man lässt zwar laufen und guckt was dabei so rauskommt. Also ich muss an der Stelle sozusagen über die Schüler hinweggehen, muss sagen: egal, ob euch das jetzt interessiert, dass muss ich jetzt verlangen, dass ihr das auch könnt. Und dann auch teilweise sagen, o.k. ihr habt das zwar jetzt eigentlich hat die Gruppe, die das hätte machen sollen, hat es aber nicht, also hier noch mal ein Arbeitsblatt, wir machen das noch mal iregndwie.

Du sprachst…

So was bleibt nicht aus. Es sind alles eben nur Schüler und Individuen mit unterschiedlichen Fähigkeiten und Interesse an dem Stoff und „Chemie im Kontext" funktioniert besser, wenn diese Schüler eben von sich aus schon sehr interessiert sind, so.

Du sprachst vorhin von, in der, im Rahmen der Vernetzungsphase davon neue Kontexte zu präsentieren, in denen sie die erlernten Inhalte noch mal neu anwenden können. Gibt es im Zusammenhang mit diesem Transfer Probleme oder Schwierigkeiten, die die Lernenden hiermit haben?

Also jetzt aus meiner eigenen Praxis würde ich sagen nicht besonders. Das ist eigentlich, das ist eher was, was die Schüler gut finden, habe ich den Eindruck, wenn sie so, empfinden die, glaube ich, tatsächlich als so ein Kompetenzerleben. Komischer pädagogischer Begriff, aber so kommt mir das tatsächlich auch vor. Wenn man mit denen was erarbeitet hat an einem bestimmten Thema und dann sie relativ schnell sehen, dass sie mit diesem Thema auch etwas anderes dann lösen können, das sind immer schöne Momente des Unterrichts. Kommt leider nicht so oft vor, wie man sich das wünscht, aber damit habe ich eigentlich wenig Probleme, also jetzt mit diesem Transfer auf andere Kontexte. Wenn er denn inhaltlich klappt, also wenn das ein naher Transfer, muss man vielleicht sagen, ist, das klappt gut so. Also ich mache z. B. öfter so Sachen, dass ich irgendwie ein bestimmtes Problem erarbeiten lasse und dann mir aus dem Internet irgendeinen Block oder irgendwelche Fragen raussuche und diese Fragen dann die Schüler beantworten lasse. Wo sie dann sagen: ich habe das und das Problem und dann sollen die Schüler nachdenken, hat das mit dem was zu tun, was wir im Unterricht gemacht haben und können wir diese Fragen z. B. beantworten. Wenn so was klappt, das ist immer sehr schön. Also ein neues Problem haben wir damit erschlagen und sind damit zugleich der Relevanz dessen, was sie gelernt haben noch mal bewusst. Und das halte ich auch für nicht so problematisch, das klappt finde ich, das klappt ganz gut.

Du sprachst gerade von nahem Transfer. Gibt es bestimmte Kriterien, die Du anlegst, wenn Du einen neuen Übungskontext auswählst?

Kann die nicht verallgemeinerbare, würde ich sagen. Das hängt, das hängt also vom Inhalt ab. Nein, wenn ich die gefunden hätte, das wäre gut. Die würden diese Suche nach diesen

Sachen vereinfachen. Das ist auch immer stark von Glück oder Pech abhängig. Also meistens ist „google“ mir da die zentrale Hilfe. Das ich sozusagen den Fachinhalt eingebe und mal gucke, was dann dazu kommt und dann für mich selber gucke, o.k. was davon könnten die jetz wahrscheinlich beantworten, oder so.

Aber es ist schon wirklich ein neuer, ein neuer Kontext?

Ja, was heißt also, ja, ja also das schon, also, ja, ich…ein Beispiel jetzt zuletzt, da haben wir, da haben wir diese Reduktion, Oxidation von Oxiden gemacht und […] der Kontext dazu war das Rosten und Eisen und so weiter und dann habe ich zwar schon als Vertiefung, als Transfer in eine andere Richtung noch mal diese Frage aufgegriffen, das ist dann wirklich nur eine Stunde, in der man das macht, also 45 Minuten. Eine Frau, die schrieb sie hat eine angelaufene Silberkette und sie hätte, was man denn da machen könnte und dann schrieb eine andere, ja das könne man mal probieren, da gibt es so spezielle Putztücher, die seien aber ziemlich teuer und eine weiter schrieb dann ja, man könne auch das ganze mit Alufolie und Salzwasser und ein bisschen warmmachen und das würde auch gehen. Und dann sollten die Schüler dem nachgehen und überlegen, was da dran sein könnte und das versuchen das eben zu klären, mit dem was sie dann vorher wissen. Das wäre so ein Beispiel für so was, wo ich selber eigentlich nur durch Zufall halt, „Redox“ mal eingeben und mal geguckt habe, was kommen da für, was spuckt das Internet da für Sachen aus.

Bevor Du in diese letzte Phase Deines Unterrichts gehst, also bevor Du neue Kontexte präsentierst, beinhaltet die Vernetzungsphase auch, dass Du zuvor noch einmal dekontextualisierst, also die reinen Fachinhalte noch einmal zusammenträgst?

In der Oberstufe auf jeden Fall, ja. Das ist schon so.

[…] / *[…]*

G. Evaluation von ProChem hinsichtlich des transfer-fördernden Potentials des Ansatzes zur Förderung naturwissenschaftlicher Grundbildung – Auszug aus dem Buch „Die explosiven Abenteuer des Kapitän Pasteur und seiner furchtlosen Gefährten“

Das legendäre Forschungsschiff „Curie“ braucht für seine abenteuerliche Reise rund um die Welt in die unerforschten Weiten der Wissenschaft noch dringend Deine Unterstützung! Möchtest Du gemeinsam mit vielen neuen Freunden spannende und spektakuläre Experimente rund um Flaschengeister, Raketen und Geheimtinten entdecken, oder vielleicht lieber die Welt des Feuers und der Drachen näher erkunden? Dann komm´ mit an Bord und mache gemeinsam mit Pasteur und Co. viele große Entdeckungen!

Eingebettet in eine Geschichte um den stachligen Kapitän Pasteur und seiner tierischen Forscherfreunde werden naturwissenschaftliche Kompetenzen spielerisch gefördert. Anhand eindrucksvoller Experimente, die mit einfachen Haushaltsmitteln durchgeführt werden können, wird die Begeisterung für Naturwissenschaften unterstützt und die Grundlage für zukünftige erfolgreiche Lernprozesse gelegt.

Die explosiven Abenteuer des Kapitän Pasteur und seiner furchtlosen Gefährten

von

Wiebke Endres

Mit Zeichnungen von

Marla Schumacher

Für alle großen und kleinen Forscher
und für Eltern, die der Neugier und Phantasie
ihrer Kinder Flügel verleihen

Danke, Mama und Papa

2

Ein Schiff liegt am Kai, kein gewöhnlicher Segler, wie man meinen könnte, nein, es ist die berühmt-berüchtigte Curie! Nur die tapfersten Entdecker heuern an, um an Bord dieses mysteriösen Schiffes die Welt zu erforschen.

Der große Dreimaster unterliegt dem Kommando von Kapitän Pasteur – einem stattlichen Igel – so beschreibt er sich zumindest selbst, auch wenn dies dem Betrachter erst auf dem zweiten Blick, oder dritten, oder na ja, wie dem auch sei. Der Rest seiner stacheligen Frisur steht in alle Himmelsrichtungen ab, wie Kompassnadeln, die schon seit Langem die Orientierung verloren haben. Wie gesagt, der Rest seiner Frisur. Was mit über der Hälfte seiner einstmals stolzen Stacheln passiert ist, weiß niemand so genau. Der Kapitän behauptet stets, er habe sie in einem wilden Kampf mit einem riesigen krakenähnlichen Seeungeheuer eingebüßt, welchem, je öfter er die heldenhafte Geschichte voller

3

Stolz erzählt, mehr und mehr Tentakeln wachsen. Es wird jedoch auch gemunkelt, Pasteur hätte das neue Stachelkleid selbst verschuldet, durch unvorsichtiges Experimentieren. Doch bitte sprich ihn niemals auf dieses Gerücht an, er wird sehr wütend und seine verbliebenen Stacheln richten sich dann wie Blitze senkrecht auf.

Sein Schiff ist schon sehr alt, so ungefähr zweihundert Jahre. So genau weiß keiner mehr, wann die Curie das erste Mal auf eine Forschungsreise aufgebrochen ist. Das Besondere an diesem Schiff ist ein riesiger Laborraum voll mit den wichtigsten Geräten und Chemikalien, die ein echter Forscher unbedingt benötigt, um erfolgreich und exakt experimentieren zu können. Möglicherweise erkennst Du ja Dinge, die dort in den Regalen stehen, wieder.

Vielleicht hast Du ja auch das ein oder andere selbst zu Hause, dann richte Dir doch Dein eigenes Labor ein!

4

Wie ich gerade sehe, hat sich in das Bild vom Labor noch Leo Galli reingeschmuggelt. Siehst Du den zerzausten Raben mit dem Holzbein?

Leos Alter ist sagenumwoben, keiner weiß es so genau, noch nicht einmal Galli selbst. Nach 150 Jahren hat er einfach aufgehört, seine Geburtstage zu zählen, und dies war weit, bevor er als blinder Passagier auf die Curie kam. Seinen Beruf als Ausguck auf einem der gefürchtetsten und eben so erfolglosesten Piratenschiffe aller Zeiten, der Käthe, hing er nach knapp 140 Jahren endgültig an den Nagel. Die Abenteuer, von denen er damals als kleiner Rabe geträumt hatte, erlebte er unter allen 15 Kapitänen der Käthe nie. Nicht ein einziges Mal enterten sie erfolgreich ein anderes Schiff, noch nicht einmal ein vorbeitreibendes, herrenloses Ruderboot!

Ja, Du hast richtig gehört! Da die Planken der Käthe die Stabilität eines viel zu lange gekauten Kaugummis hatten und nur noch von Seesternen zusammengehalten wurden, genügte bereits ein seefahrtstechnisch einfaches Manöver, wie das Backbord nehmen eines treibenden Ruderboots, um ein fassgroßes Loch in die Seite der Käthe zu reißen. Aber in diesem Fall gab es zumindest ein Rettungsboot. Die zu Hilfe eilenden befreundeten Piraten erstarrten vor Angst, als sie das riesige, selbstverständlich von einer Kanone im schweren Kampf in die Seite gerissene Loch im Rumpf der geborgenen Käthe sahen. Der Stolz der Piratenflotte verbrachte somit mehr Zeit auf dem Grund des Meeres als ein Taschenkrebs! Kurzum, irgendwann hatte Leo Galli genug von nassen Krallen und so weckte der Bericht einer vorbeiziehenden Möwe von einem Forschungsschiff mit dem Namen Curie die schon lange versunkene Forscherneugier. In Windeseile packte Galli seine sieben Sachen, nun ja, wohl eher sieben Würmer. Da die ungezählten Bücher die maximale Traglast seines windschnittigen Rabenflugkörpers überstiegen hätten, konnte er nur seine

5

Bücherwürmer und treuen Gefährten mitnehmen. Doch da Würmer, welcher Gattung auch immer, an Bord der Curie unerwünscht waren, erklärt sich auch, warum Galli zunächst als blinder Passagier mitsegelte. Erst der zunehmende Personalmangel machte schließlich auch Würmer zu gern gesehenen Mannschaftsmitgliedern. Ein Geheimnis Gallis sei an dieser Stelle aber noch gelüftet: sein vermeintliches Holzbein. Keine Sorge, es handelt sich hierbei nur um eine Requisite – Teil eines Piratenkostüms, über dessen Rückgabe sich der Faschingsverleih bestimmt schon seit über 100 Jahren riesig freuen würde! Doch es ist Gallis ganzer Stolz. So soll die hölzerne Krücke, die größer ist als der Rabe selbst, an seine abenteuerliche Vergangenheit als verwegener Pirat auf der Käthe erinnern, erfüllte dort allerdings nur den Zweck, bei Schiffbruch einigermaßen trockene Krallen zu bewahren.

Doch genug über Leo Galli, erst einmal musst Du ja noch die restliche Mannschaft kennenlernen; obwohl dies ist schnell erledigt, denn die Mannschaft von Kapitän Pasteur besteht nur noch aus einem Elch, genannt Bunsen, ein Alleskönner und Selbstbeförderer, wie er sich beschreibt. Bunsen macht alles an Bord, wer denn sonst, denn Kapitän kann nur einer sein und der Job ist ja schon vergeben. Also beförderte sich Bunsen kurzerhand zum 1. Offizier, mit den Aufgabenbereichen Segel setzen, kochen, putzen und zudem beim Experimentieren seinem Chef assistieren. Hierfür sollte es eigentlich, wie Ihr bestimmt schon herausgehört habt, eine Gefahrenzulage geben! Trotz gut gemeinter Ratschläge von Bunsen, hierfür Fachpersonal einzustellen, experimentierte Pasteur bis zum heutigen Tag stets selbst, er ist schließlich der Kapitän! Und so erklärt sich nach den letzten Katastrophen auch, warum sich die Mannschaft doch auf ein sehr überschaubares Maß verkleinert hat.

6

Doch man kann nur für das Fortbestehen der Forscherzunft hoffen, dass Ihr Euch davon nicht abschrecken lasst und gerne die Welt der Wissenschaft erobern wollt!

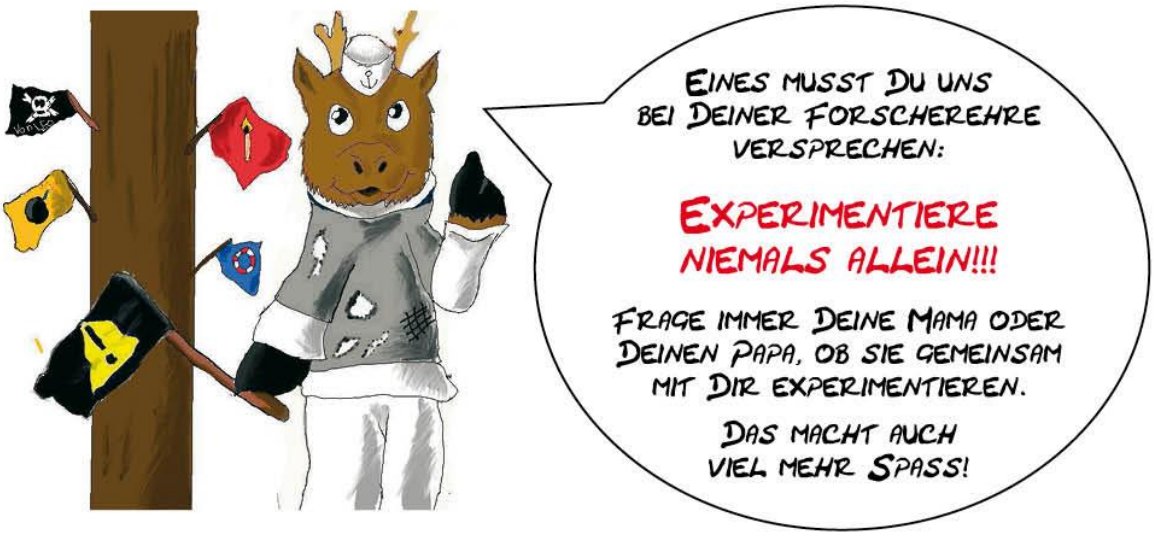
Du bist wirklich sehr mutig!
Na dann, willkommen an Bord, neues Besatzungsmitglied und viel Spaß!

7

„Willkommen an Bord der Curie!“, begrüßt Kapitän Pasteur stolz Dich als sein neues Besatzungsmitglied. „Zunächst einmal möchte ich Dir meine Mannschaft vorstellen: dies ist Bunsen, mein Schiffsjunge“, fährt Pasteur fort, wobei er umgehend durch ein Räuspern des neben ihm stehenden Bunsen unterbrochen wird. „Verzeihung Chef, aber ich bin Ihr Erster Offizier!“ Der Elch richtet sich kerzengerade auf, wobei er noch hastig versucht, seine Küchenschürze unter einer viel zu großen Uniform zu verbergen. Der Kapitän indessen ignoriert Bunsen einfach, versucht seine ebenfalls viel zu große Kapitänsmütze gerade zu rücken und fährt in seiner Begrüßung unbeirrt fort: „Du hast sicherlich schon von der Curie gehört und dass dies kein gewöhnliches Schiff ist. Du möchtest also Forscher werden, die Welt entdecken und Abenteuer erleben. Da bist Du bei uns goldrichtig! Doch unsere Forschungen sind nicht immer ganz ungefährlich.“ „Was man ja an Ihnen sieht, Chef!“, wirft der Elch vorwitzig ein. „Lassen Sie mich lieber unser neues Mannschaftsmitglied mit den Sicherheitsvorkeh-

8

rungen an Bord vertraut machen.“ Murrend versetzt der Igel: „Dafür hat man ja schließlich Personal, wie Recht Du hast!“



„Forscher tragen zudem auch einen Laborkittel, so wie ich!“, fährt der Elch stolz fort. „Bestimmt hat Dein Papa auch noch ein altes Oberhemd oder T-Shirt für Dich! Es soll Dich bei unseren spektakulär-gefährlichen Versuchen zum Beispiel vor Feuer schützen! Du siehst ja an unserem Kapitän, was passiert, wenn man keinen Schutzkittel trägt – raketenschnell kann etwas passieren und schon braucht man nicht mehr zum Frisör!“, witzelt Bunsen bis an beide Geweihenden grinsend auf Kosten Pasteurs, der zum Glück zu vertieft in seine Seefahrtskarte ist, um den Elch von Bord zu sticheln. „O.k., was habe ich noch vergessen?“, sinniert Bunsen. „Ach ja, gaaanz wichtig!“ und hebt seinen Huf warnend in den Wind. Natürlich brauchst Du wie jeder hier an Bord einen Notfallexperimentierrucksack! Moment“ und trabt in Elchsruhe in das Labor der Curie im Rumpf des Schiffes. Bereits wenige Möwenschreie später präsentiert Bunsen seinen Rucksack. Am besten, Du beginnst auch sogleich, Dir Deinen Notfallexperimentierrucksack zu packen, denn wer weiß, welche Abenteuer und Gefahren noch auf Dich warten.

9

Auf einmal erklingt eine schrille Trillerpfeife. „Bevor Du mir und unserem neuen Matrosen nun komplett die Freude am Experimentieren nimmst, stechen wir in See! Leinen los, Bunsen! Kurs einmal um die ganze Welt! Du hast doch Zeit, oder?“, fragt der Kapitän seinen neuen Matrosen gespannt.

„Um auf diesem Forschungsschiff arbeiten zu können, gibt uns das Seerecht vor, dass Du zunächst einen Laborführerschein machen musst“, erklärt der Igel seinem neuen Matrosen bei Eintritt in die Laborräume der Curie.
Doch da! Was ist das für ein Lärm? Das ist doch die Alarmglocke aus dem Krähennest! „Was hat Bunsen nun schon wieder gesichtet? Eine Möwe? Oder gar zwei? Dass man auch heute so schwer gutes Personal bekommt. Komm mit an Deck, Deinen Laborführerschein kannst Du auch später ablegen“, murmelt Pasteur genervt und trippelt zurück an Deck. Dort steht Bunsen weit über die Reling gebeugt. „Bist Du seekrank?!“ „Chef, kommen Sie schnell, die Leute hier brauchen unsere Hilfe!“, ruft Bunsen seinem Chef aufgebracht entgegen. Während man schon von Weitem eine kleine Insel am Horizont erkennen kann und eine steile Rauchfahne, die von ihr aufsteigt, werden die Umrisse eines kleinen Ruderbootes, das sich der Curie nähert, immer deutlicher. Ganz außer Atem

10

erreichen die beiden Ruderer letztlich die Curie: „Bitte helft uns! In dem See auf unserer kleinen Insel lebt ein Ungeheuer. Wir können im See nicht mehr baden, oder gar Wasser holen, denn sobald wir an das Ufer treten, taucht das giftgrüne Monster mit seinen riesigen Zähnen und lila Augen fauchend aus dem See auf. Wir brauchen Eure Hilfe, wir wissen nicht, wie wir das Monster einfangen können, um es im Meer auszusetzen. Habt Ihr vielleicht eine Idee, wie man es an die Wasseroberfläche bekommen kann?“

Während der Erzählung wackelte der Igel nervös von einem Bein auf das andere, anscheinend kurz davor sich einzuigeln. Kurzerhand entgegnet er den Hilfesuchenden: „Das ist nun wirklich nicht unsere Aufgabe! Dies ist die Curie, ein Forschungsschiff und kein Fischerboot für herumstreunende Ungeheuer!“ „Chef, das kann doch nicht Ihr Ernst sein! Wir müssen helfen und ich weiß auch schon wie. Wir versalzen dem Ungeheuer ordentlich die Suppe, oder eher den See. Oder haben Sie etwa Angst?“ Vorwitzig schaut Bunsen hinunter auf seinen Chef. „Ich? Was für eine Unverschämtheit! Hätte ich nicht solch einen Personalmangel, würde ich Dich gerade dem Ungeheuer zum Fraß vorwerfen!!! Ich bin Kapitän Pasteur, ich kenne keine Angst!“, wirft sich der Igel stolz in die Brust. „Ich denke, dies ist die perfekte Einstiegsaufgabe für Dich, Matrose. Bunsen ist ab heute Dein persönlicher Assistent! Viel Glück!!!“

einen Einkaufschip, ein Glas, einen Löffel, Kochsalz, Lupe

Bemale zunächst den Einkaufschip mit dem Gesicht des bösen Monsters, so wie Du es Dir vorstellst. Verwende dazu am besten wasserfeste Filzstifte.
Wenn Du Dein Monster dann ins Wasserglas gibst, „flüchtet" es sofort auf den Grund Deines Sees. Gib nun Kochsalz löffelweise hinzu, rühre und beobachte genau – am besten mit Hilfe einer Lupe, was mit den Salzkristallen passiert.

Gut beobachtet! Die Salzkristalle werden im Wasser immer kleiner, bis man sie auch mit der Lupe nicht mehr erkennen kann. Forscher sprechen auch vom Lösen des Salzes in Wasser. Das Wasser als Lösungsmittel zerlegt die Kristalle in einzelne Bausteine, die für uns Menschen weder mit dem bloßen Auge noch mit der Lupe sichtbar sind. Dann trägt das Wasser die kleinen Salz-Bausteine zusammen mit anderen Wasserteilchen in der Lösung umher.
Zeichne Deine Vorstellung vom Lösungsprozess des Salzes in Wasser.

Ja, Du hast recht, das Lösen des Salzes im Wasser dauert ein wenig. Hättest Du eine Idee, wie man den Lösungsprozess beschleunigen könnte? Probiere Deine Idee aus! Woran mag die Beschleunigung des Lösungsvorgangs liegen?

12

Richtig! Beschleunigen kann man das Lösen des Salzes in Wasser ganz einfach, indem man das Wasser erwärmt. Ebenso wie sich auch ein Stück Zucker im warmen Tee viel schneller löst als im bereits erkalteten Tee. Dies liegt daran, dass sich die kleinsten Teilchen des Wassers umso schneller bewegen je wärmer es wird und dadurch auch zügiger den Salzkristall zerlegen können.

Aber zurück zum Monster! Ist es Dir nun möglich, das Monster an die Wasseroberfläche zu locken?

Super! Du hast es geschafft! Die Bewohner der Insel sind Dir so dankbar, dass sie Dich kurzerhand zum Ehrenbürger ernannt haben. Doch eines musst Du ihnen noch verraten: War das Magie?

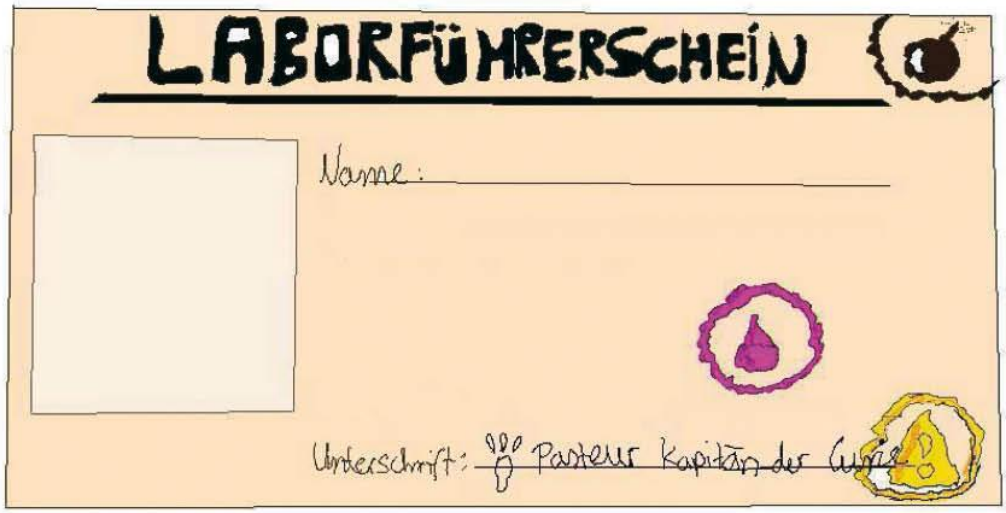
Zunächst ist der Chip schwerer als die Wassersäule, die unter ihm ist, und er sinkt zu Boden. Durch die Zugabe von Salz entsteht Salzwasser, wie beim Kartoffelkochen. Der Forscher spricht übrigens auch von einer Salzlösung. Je mehr Salz Du hinzugibst, umso schwerer wird die Säule unter dem Chip. Das kannst Du ganz leicht überprüfen, indem Du Dein Glas bei dem Versuch auf eine Waage stellst.
Irgendwann ist die Säule unter dem Chip schwerer als der Chip selbst, sodass dieser nicht mehr untergehen kann.

Dies kann man auch im Toten Meer beobachten, welches sehr, sehr salzig ist, viel salziger als die Nordsee, in der Du vielleicht schon einmal geschwommen bist.

Übrigens löst sich nicht unbegrenzt viel Salz in Deinem Wasserglas. Je nach Temperatur des Wassers löst sich unterschiedlich viel. Vielleicht möchtest Du ja mal ausprobieren, wie viel sich bei der Temperatur Deines Wassers höchstens löst. Überlege Dir einen geeigneten Versuch um dies zu erforschen!

13

„Auch wenn ich das Monster sicherlich auch gefangen hätte“, behauptet Pasteur voller Überzeugung, muss ich doch eingestehen, dass Du Dich bewährt hast, Matrose! Ich überreiche Dir feierlich den Laborführerschein, der Dich ermächtigt, in den Laboren dieser Welt nach bestem Wissen und Gewissen zu forschen. Somit bist Du in den Kreis der Wissenschaftler aufgenommen!“



„Was ist daaas?“, schreit plötzlich der Kapitän laut aus, als er in das zuvor prall gefüllte Salzfass blickt und seine wenigen noch verbliebenen Stacheln stellen sich gefährlich auf. „Ihr habt doch nicht etwa das gesamte Salz für diese grüne Seegurke verbraucht, oder?“ „Chef, nicht aufregen, das Salz reicht doch noch dicke, um Ihr Frühstücksei und die Nudeln zu salzen!“ „Bunsen!“, brüllt der Igel ungehalten und sieht dabei aus wie der Donnermann vom Blitz gerührt. „Womit habe ich so viel geballte Seefahrer-Dummheit verdient? Salz wurde früher auch als das weiße Gold bezeichnet, so kostbar war es. Wir brauchen es hier auf See, um unsere Vorräte zu konservieren! Das müsstest Du doch wissen, Du bist doch hier der Koch!“ „Ja schon, aber erst seit ca. zwei Tagen, als der Alte gekündigt hat“, gibt der Elch kleinlaut zu bedenken. „Aber keine Sorge, Chef. Wir werden das Salz einfach zurückholen.“ „Ja sicher! Und wie willst Du das machen? Bist

Du jetzt auch noch Zauberer? Ich sehe dort in dem See kein einziges meiner Salzkörner mehr! Solltest Du Deinen Zaubertrick nicht hinkriegen, gehst Du sofort von Bord!“ „Hier Chef? Wir sind auf offener See!!!“ Schlotternd vor Angst blickt Bunsen dem Kapitän nach, der grimmig in seine Kajüte verschwindet und er bittet Dich, ihm zu helfen. Hast Du schon eine Idee?

Klar könntest Du auch das Salzwasser vor Dein Fenster in die Sonne stellen, doch das dauert viel zu lange! Vielleicht geht Dir ja noch ein Teelicht auf, wie wir schneller das Salz zurückgewinnen können.

15

Drahtnetz einer Sektflasche, Teelicht, Streichhölzer

Löse zunächst die kleine Metallschale des Verschlusses vom Drahtnetz und lege diese dann umgedreht wieder auf den Drahtfuß. Stelle darunter ein Teelicht und entzünde es.

Gib ein paar Tropfen Deiner Salzlösung in die Schale.
Was kannst Du beobachten?

Die Lösung beginnt zu kochen, wie das Spaghettiwasser im Kochtopf. Dabei kannst Du beobachten, wie die Lösung in der kleinen Metallschale immer weniger wird und ein weißer Feststoff zurückbleibt.

Schau Dir den Feststoff noch einmal ganz genau mit der Lupe an. Es sind kleine Kristalle! Der Chemiker spricht auch vom Auskristallisieren des Feststoffs aus der Lösung. Vergleiche die Kristalle mit denen des Kochsalzes. Du hast das Salz zurückgewonnen! Die Wasserteilchen bewegen sich immer schneller, je wärmer es wird, bis sie sogar in die Luft steigen – das Wasser verdunstet, es wird zu Wasserdampf. Die Salz-Bausteine nehmen die Wasserteilchen dabei nicht mit – viel zu schwer!, sodass das Kochsalz in Deiner Metallschale zurückbleibt und sich zu kleinen Kristallen wieder zusammenlagert.

Wasserdampf kannst Du übrigens auch beim Kochen des Spaghettiwassers aufsteigen sehen!

16

„Vielen Dank! Du bist ein super Freund!“, stößt Bunsen erleichtert hervor und klopft Dir anerkennend mit seinem Huf auf die Schulter, während Ihr gemeinsam das zurückgewonnene Salz in das Fass füllt. „Da fällt mir ein, Du hast noch gar kein Namensschild für Deine Kajüte. Selbstverständlich musst Du dies mit der besonderen Seefahrertinte schreiben!“ Verschwörerisch zwinkert Bunsen Dir zu.

Schneide ein Stück schwarze Pappe als Türschild für Deine Zimmertür aus. Stelle dann wieder eine hochkonzentrierte Kochsalzlösung her. Vielleicht hast Du ja sogar noch ein wenig übrig von Deinem ersten Abenteuer, als Du das Monster gefangen hast.

Schreibe dann Deinen Namen auf Dein Türschild. Wenn Du möchtest, dann male doch noch ein Bild von Dir dazu.

Föhne anschließend das Schild, damit das Wasser schnell verdunstet!

17

„Nun bist Du ein echter Matrose!“ Mit diesen Worten trottet der Elch den langen Gang hinunter zu seiner eigenen Kabine, deren Türschild lediglich einen gesalzenen Hufabdruck zeigt. In dem Moment lugt Pasteur aus seiner Kapitänskajüte, in den Händen eine kleine Truhe, von der mindestens 50 Schlösser herunterbaumeln.

„Bunsen, wir wurden bestohlen!“, mit weit aufgerissenen Augen blickt Pasteur den Elch an. „All unsere Kristalle wurden entwendet!“, wobei er, wie um seine Aussage zu beweisen, die leere Kiste Bunsen direkt vor die Nüstern hält. „Verzeihung Chef, aber warum, bestohlen? Sie wollten doch nur die feinste Limonade und Schokolade und um die zu bezahlen, da brauchte ich halt ein paar Kriställchen aus unserer Schatztruhe.“ „Buuunsen“, ein gebrüllter Orkan fegt durch den Kajütengang und lässt die riesigen Ohren Bunsens sich um sein Geweih wickeln. „Damit haben wir nun kein Tauschmittel mehr, wir sind quasi bankrott, du Elchimitat! Du bringst das wieder in Ordnung und zwar auf der Stelle!“ Mit hängendem Kopf schlufft Bunsen hinunter ins Labor. Wenn Du möchtest, kannst Du Deinem neuen Freund beim Kristalle züchten helfen.

ein Glas, einen Faden, einen Stift, wasserfesten Kleber, Kochsalz, Totes Meer Badesalz

Fülle das Glas bis einen Daumen breit unter den Rand mit Wasser und löse so viel Kochsalz wie möglich. Befestige mit wasserfestem Kleber an einem Faden einen kleinen Salzkristall, wie Du ihn in Badesalzpackungen findest. Hänge diesen dann in die klare Kochsalzlösung und befestige das Ende des Fadens so an einem Stift, dass der kleine Kristall in der Lösung schwebt. Stelle Deinen Ansatz an einen hellen Ort, wo Du ihn gut beobachten kannst, z. B. auf die Fensterbank in Deinem Zimmer. Und nun musst Du Geduld haben …

… und die Erklärung für dies Phänomen kennst Du ja schon!!!

18

Das Wasser verdunstet ganz langsam in Deinem Glas. Dadurch haben die gelösten Salz-Bausteine Zeit, sich an dem kleinen Kristall abzuscheiden, wodurch der Salzkristall wächst.

Schau Dir den Kristall doch einmal genauer mit der Lupe an.
Versuche den Kristall zu zeichnen!

Viele kleine Kristalle kannst Du züchten, wenn Du zwei Gläser konzentrierte Salzlösung nebeneinander stellst und sie mit einer Serviette verbindest. Wähle am besten eine dunkle Farbe der Serviette, dann siehst Du die Kristalle viel besser!

19

Inzwischen ist es dunkel geworden und die See liegt schwarz vor der Curie. „Es wird Zeit Anker zu setzen und zu Bett zu gehen. Schließlich ist morgen auch noch ein Tag und den Schatz können wir auch noch morgen bergen!“ Bei diesen letzten Worten unterbricht sich der Kapitän selbst, als hätte er Letzteres gar nicht aussprechen wollen. Sofort sind alle an Deck hellwach. „Schaaatz?!“, stammelt der Elch und scharrt mit den Hufen. „Chef, haben Sie da gerade ‚Schatz‘ gesagt?“ Während der Elch nervös um den Igel herum trabt, läuft dieser unbeirrt weiter in Richtung der Kapitänskajüte und raunzt lediglich: „Nun geh‘ schon schlafen. Was soll ich denn morgen mit einem schnarchenden Elch anfangen?“, wobei die plankenschmale, windschiefe und wurmstichige Holztür der Kapitänskajüte mit einem „Rumms“ direkt vor dem Maul des Elchs zufällt.

Bunsen kann nicht schlafen und so hört man seine Hufe die ganze Nacht durch das Schiff hallen. Hörst Du sie auch? Vielleicht weiß ja der alte Rabe mehr über diesen sonderbaren Schatz, von dem der Kapitän gesprochen hatte und so geht er hinunter in die nur vom Kerzenschein erleuchteten Laborräume.
Wenn Du möchtest, kannst Du ja mit ihm gehen.

20

„Was ist los, alter Freund?“, begrüßt ihn Leo Galli, noch bevor er die Tür mit lautem Knarren geöffnet hat. „Ich hörte bereits Deine Hufe in meine Richtung traben.“ Der Rabe sitzt wie immer auf seiner knallroten Schaukel, die sich im Wellenschlag hin und her bewegt und liest in einem riesigen Buch, welches ihn fast vollständig verdeckt. Lediglich ein Teil seines hölzernen Beines lugt darunter hervor. „Weißt Du etwas von einem Schatz, den wir morgen bergen wollen?“, stößt der Elch direkt ohne jegliche Umschweife hervor. Augenblicklich schlägt der Rabe das riesige Buch mit einem dumpfen Knall zu, sodass eine Staubwolke mit den Ausmaßen eines Vulkans aufsteigt. Seine Brille, die vor Schreck von seiner rosa Nase verrutscht war, schiebt er wieder hinauf und setzt sich kerzengerade auf. „Wir sind schon da und ich wurde nicht informiert?“ Galli plustert sich gewaltig auf und sagt voller Zorn: „Ohne mich hätte dieser Möchtegern-Wissenschaftler die Stelle nie gefunden! Ich habe die letzten Jahrzehnte meines Lebens der Recherche nach den exakten Koordinaten gewidmet und nun das! Das Federvieh hat seine Pflicht und Schuldigkeit getan. Dabei ist es meine, ganz allein meine Entdeckung! Dieser undankbare Igel! Der wird sein ganzes Leben lang auf eine wissenschaftliche Eingebung in seinem Winterschlaf warten, zu dem kommt ja noch nicht mal mehr die Zahnfee, geschweige denn der Sandmann! Von Wissenschaft hat der so wenig Ahnung wie ein Wal vom Nestbau!“ Galli redet sich so in Rage, dass er bei seinem wilden Gekrächze und aufgebrachten Flugübungen mit seinen verbliebenen schwarzglänzenden Federn fast von der Stange fällt. „Was ist denn das nun für ein Schatz?“, lässt Bunsen nicht locker. „Gold? Oder gar Diamanten? Oder???“ Eine Flut von Fragen ergießt sich aus dem Maul des Elchs, doch Galli unterbricht ihn barsch: „Nein, es ist wertvoller als alles, was Du Dir vorstellen kannst!!!“ Verdutzt guckt der Elch drein. „Was kann denn wertvoller sein?“, fragt sich der Elch, der die Spannung auf den bevorstehenden Schatz kaum noch aushalten kann. „Eine Flasche“, sagt der Rabe genervt, als wäre eine Flasche selbstverständlich der größte Traum eines jeden Menschen.

21

Der Elch erstarrt wie vom Donner gerührt: „Eine Flasche? Flaschen haben wir mehr als genug an Bord und ich meine nicht nur solche aus Glas! Dafür muss ich mir wirklich nicht meine Hufe nass machen!“ „Mein lieber Freund“, entgegnet der Rabe ruhig, „dies ist keine gewöhnliche Flasche, sondern das Zuhause eines Geistes, des Geistes der Weisen, wie er von eingeweihten Wissenschaftlern genannt wird!“ „Hilfe, ich habe Angst vor Geistern!!!“ Mit schlotternden Knien steht Bunsen vor Galli. „Bunsen, sei kein Feigling! Der Geist gibt Antworten auf alle Fragen, die Du an ihn richtest. Ist das nicht mehr wert als alles Gold der Welt?“ Darüber muss Bunsen erst einmal nachdenken und so trottet er langsam aus dem Labor. Galli indessen schreibt weiter an seiner Liste, die all seine Fragen an den Geist enthalten sollte, es waren bereits 1 Million 548 Tausend und 3 Fragen, die Erste sei verraten: „Wie alt bin ich eigentlich?“

Das Wecken am nächsten Morgen erfolgt nicht, wie sonst üblich, durch die Schiffsglocke, die in ihrem durchdringenden, nervenden Ton bestimmt in nichts Deinem Wecker zu Hause nachstehen würde, sondern durch das wilde Fluchen des Kapitäns. Pasteur ist bereits an Deck und in ein wildes Knäuel aus Tauen, Seilen und Schläuchen verheddert.

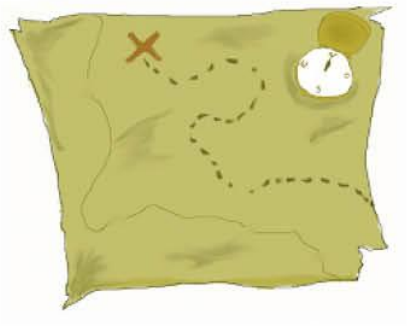
„Dass an Bord dieses verklabauterten Schiffes nichts, aber auch gar nichts funktioniert!“ Bei diesen Worten bekommt das Knäuel, das sich der Mannschaft darbietet, plötzlich das Übergewicht und fällt polternd zu Boden. Während Bunsen seinem schimpfenden Chef wieder auf die Beine hilft, kommt Galli auf seinem Holzbein hinzugehinkt: „Kapitän, dass wir keine Tauchausrüstung an Bord haben, sollten Sie doch als Chef die-

ses Kahns wissen.“ Pasteur, wieder einmal vor Wut blitzend, zischt dem Raben durch sein spitzes Maul entgegen: „Und wie kommen wir nun hinunter zum Schatz??? Hast Du vielleicht dazu eine Idee?“ Fragend schnuppert der Kapitän Galli an. „In meiner Jugend hatte man auch nicht den ganzen neumodischen Kram zum Tauchen, da reichte uns schon ein Holzfass!“, berichtet der Rabe mit erhobenem Zeigefinger von seiner Sternbilder zurückliegenden Vergangenheit. Bist Du bereit für den Tauchgang, um den Schatz zu bergen?

ein Glas, eine große Glasschüssel und natürlich ein Boot

Fülle Wasser in die große Glasschüssel. Baue Dir nun zunächst ein kleines Boot, welches Du auf dem Wasser in der Schüssel schwimmen lässt.
Worauf musst Du achten, damit das Boot seetüchtig ist und Ihr keine nassen Füße bekommt?
Halte nun die Öffnung des Glases über Dein Boot und drücke das Glas hinunter.
Wie funktioniert Deine Taucherglocke?

Im Glas ist nicht „Nichts“, sondern Luft. Dadurch ist in dem Glas kein Platz mehr für das Wasser, welches in das Glas drückt. Merkst Du, welche Kraft Du brauchst, um mit dem Glas bis hinunter auf den Grund zu kommen?



23

„Oh, nein! Was ist das??? Das Wasser steigt ja immer höher in der Taucherglocke!“ Vor Schreck ganz starr schickt Pasteur ein Stoßgebet zum Gott aller Igel und erblickt dabei. Ja, was meinst Du? Genau! Ein Loch, ein kleines, stachelgroßes Loch im morschen Holz des Fasses.

Suche Dir einen durchsichtigen Plastikbecher und durchbohre ihn vorsichtig mit einer Stecknadel. Verwende diesen nun als Taucherglocke. Was kannst Du beobachten?

„Bestimmt waren das diese seeungeheuerigen Holzwürmer an Bord!“, raunzt der Kapitän wütend. Behände bricht er eine seiner längsten Stacheln ab und bohrt sie fest in das Loch. Doch das Wasser steht ihm im wahrsten Sinne des Wortes schon bis zum Hals.

Leo Galli erblickt als Erster an Bord die aufsteigenden Luftblasen und reagiert sofort: „Schnell, Bunsen! Dem Kapitän geht die Luft aus!“, wobei er in die müden Augen des Elchs schaut. „Keine Panik! Ich hole ja schon die Päckchen für die Luftpost.“ „Päckchen für die Luftpost??? Ja glaubst Du denn im Ernst, es

gibt da unten ein Postamt?!“, fährt ihn Galli barsch an. „Wir müssen die Luft selbst runterbringen! Dies ist eine Aufgabe für die Geistreichsten und Mutigsten an Bord. Begleitest Du mich, Matrose? Wir dürfen keine Zeit verlieren!!!“

Tauche mit einer weiteren Taucherglocke hinunter zu Pasteur. Versuche nun, durch Schräghalten beider Taucherglocken die Luft von Eurer in Pasteurs Taucherglocke umzufüllen. Hoffentlich gelingt es Dir.

Super, Du hast es geschafft! Du hast Pasteur gerettet und zugleich den Schatz geborgen. Vielen Dank, dass Du an Bord bist!

Wie Krähen auf einem Strommast hat sich die gesamte Mannschaft auf der Holzbank in der Kapitänskajüte aufgereiht und starrt wie durch einen Zauber gebannt auf die vor ihnen auf dem Tisch stehende Flasche. Das Glas der Flasche war über und über mit Seepocken und Algen bedeckt. Ein entsprechender Geruch breitete sich zunehmend aus. Riechst Du es auch?
Doch abschrecken lässt sich natürlich keiner! Alle haben ihre Fragen an den Geist der Weisen im Kopf, oder im Falle Gallis feinsäuberlich auf einer ungefähr 10 km langen Schriftrolle notiert. Doch von einem Geist ist in der Flasche nichts zu sehen, die Flasche ist doch leer, oder?
Da schlägt Leo Galli ein kleines Buch auf, nicht größer als ein Hausaufgabenheft, eingebunden in rotem Samt, wie ihn oft Zauberer tragen. Galli beginnt nun mit gewichtiger tiefer Stimme aus dem Buch vorzulesen: „Hast du ihn gefunden, den Geist der Weisen, so gibt es keine Klingel, ihn hervorzulocken, nur durch deine Kraft erweckst du ihn zum Leben!“ Plötzlich beginnt sich die Bank sowie der Tisch zu bewegen. Doch keine Angst, es ist nicht der Geist, es ist

Bunsen, der voller Angst mit Gebiss und Hufen schlottert. Aber Du hast doch keine Angst, oder?

eine leere Glasflasche, z. B. eine Limonadenflasche, ein 5-Cent-Stück

Stelle die Flasche zunächst für einige Zeit in den Kühlschrank, bis sie sich sehr kalt anfühlt. Bestreiche dann den Rand der Flasche mit ein wenig Wasser und platziere darauf das 5-Cent-Stück. Hast Du warme Hände? Wenn nicht, dann rubbele sie ganz kräftig aneinander, sodass sie warm werden. Nun umfasse ganz fest die Flasche und lausche, ob der Geist zu Dir spricht!

Und, glaubst Du nun an Geister?

Wie Du ja bereits weißt, ist in der Flasche nicht „Nichts", sondern Luft, sogar ziemlich kalte, da die Flasche einige Zeit im Kühlschrank stand. Wenn Du diese nun durch Deine Hände erwärmst, dann benötigt die Luft mehr Platz, da sie sich die Luftteilchen genau wie die Wasserteilchen schneller bewegen, je wärmer es wird.

Überprüfe es! Befestige einen Luftballon am Flaschenhals und umfasse dann erneut die Flasche mit Deinen warmen Händen. Du kannst die Flasche aber auch in warmes Wasser stellen. Was kannst Du beobachten?

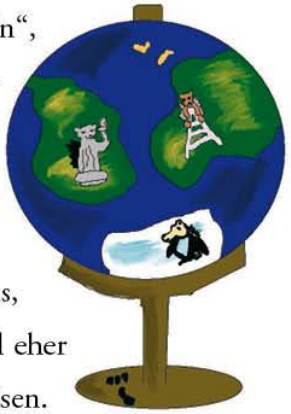
Die warme Luft drückt also gegen die Münze. Die warme Luft steigt auf, da sie leichter ist als kalte Luft. Dies kannst Du ganz einfach an Deiner Heizung beobachten, indem Du Deine Hand über die warme Heizung hältst. Was fühlst Du?

Es ist also die sich ausdehnende, aufsteigende erwärmte Luft, die das 5-Cent-Stück anhebt und kein Geist!

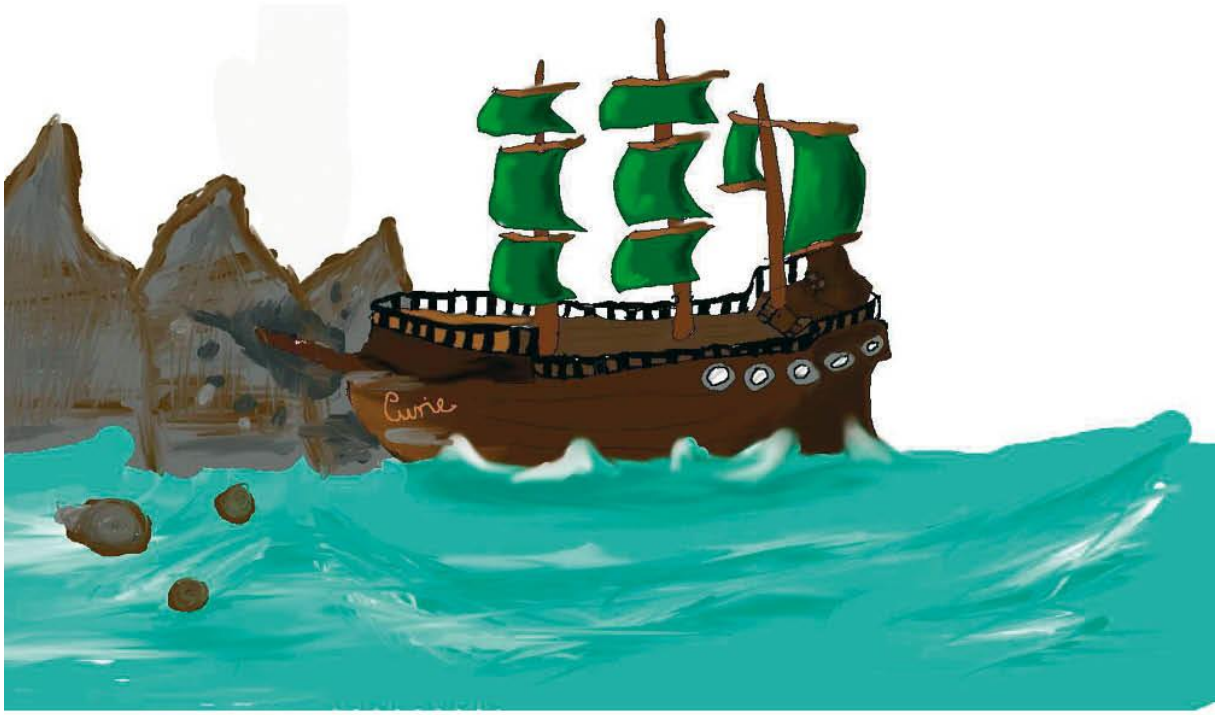
26

„Wir sind auf einen uralten Schwindel hereingefallen!“ Voller Wut, der Legende auf den Leim gegangen zu sein, wirft Galli das rot eingeschlagene Buch zu Boden. „Nun weiß ich immer noch nicht wie alt ich bin“, krächzt der Rabe enttäuscht und will gerade in Richtung Labor hinken, als er entdeckt, dass ein Teil des roten Samteinbands sich vom Buch gelöst hat. Schau nur, was dort zu lesen ist!

„Oh nein!“, stößt Leo fast unter Tränen hervor. Schnell hebt er das Buch auf, damit keiner der anderen über seine fehlende Sorgfalt in der Literaturauswahl spotten könnte. Gebeugt, wie ein gerade geschlüpftes Rabenjunges schleicht Galli hinaus. „Und ich hätte so gerne gewusst, wann ich Kapitän bin“, murmelt der Elch gedankenverloren. „Was habe ich da gerade gehört? Das kommt ja einer Meuterei gleich!!!“ Geh‘ mir sofort aus den Augen, bevor ich aus Dir meinen neuen Teppich mache!!!“, schreit Pasteur dem flüchtenden Elch hinterher. Dabei lässt der Wind seines Atems fast den riesigen Globus, welcher von Pasteur selbst gebastelt wurde und die Welt wohl eher nach seinen Vorstellungen zeigt, fast aus seiner Halterung kreisen.



Tja, und so ist die Enttäuschung groß. Jeder auf der Curie hängt seinen Gedanken nach. Niemand macht sich mehr Gedanken um das Schiff selbst. Mit lautem Knall und dem Geräusch berstenden Holzes wird die Mannschaft wieder an Deck gelockt. Doch da ist es schon zu spät! Das Schiff hat einen spitzen Felsen gerammt, der hoch über das Deck des Segelschiffes aufragt.



Statt zunächst den Schaden zu begutachten, bricht innerhalb der Besatzung ein wilder Streit aus. Jeder beschuldigt jeden, an dem Unglück Schuld zu sein, hier eine kurze Zusammenfassung der Vorwürfe: der Kapitän sei unfähig und hätte sein Schifffahrtspatent in der Lotterie gewonnen, der Elch sowieso von Hause aus dumm und noch nicht einmal zum Kochen zu gebrauchen, der Rabe wohlmöglich ein Saboteur, der die Curie seinen ehemaligen Arbeitgebern, den Piraten, ins Netz spielen wollte und Du Matrose, wo warst Du zu diesem Zeitpunkt?

28

Doch da sieht man schon durch die luftigen Decksplanken das Wasser unter Deck eindringen. Die Curie scheint verloren. Was ist nun zu tun?
„Moment, ganz ruhig, schließlich habt Ihr mit mir einen erfahrenen Kapitän an Bord!“ Hastig blättert Pasteur in seinem Seefahrerhandbuch, stets in seiner Uniformtasche, natürlich unter dem Buchstaben „F“, wie „Felsen“. „Felsen sichten? Nein. Felsen umschiffen? Nein. Felsen gerammt? Ja, ich hab‘s! Upps“. „Chef, nun sagen Sie schon, was sollen wir machen???“, fragt Bunsen besorgt mit Blick auf das schnell steigende Wasser unter Deck. „Hier steht nur: Viel Glück.“ Die ganze Hoffnung der Besatzung hängt nun an Dir, welche Dich mit großen Augen anschaut. Bestimmt hast Du eine bessere Idee, Matrose!

29

H. Entwicklung, Durchführung und Evaluation einer kontextbasierten Chemieeinheit in Anlehnung an den didaktischen Ansatz von „Mathematik im Kontext“

Rückmeldungen zur ersten Doppelstunde: „Ötzi - das Geheimnis der Gletschermumie“

- *„Beurteilung: Die beiden Stunden waren sehr gut und sie haben viel Spaß gebracht. Auch die Versuche waren okay.“*
- *„Chemiestunden: ich fand die beiden Stunden super.“*
- *„Ich fand die Chemiestunden gut, da wir viel experimentiert und gelernt haben.“*
- *„Ich fand´s ein bisschen anstrengend. Aber sonst okay mit den Bildern arbeiten und noch mal wiederholen das mit Ötzi und wir haben viel experimentiert.“*
- *„Ich finde es eine gute Idee mit dem Lerntagebuch.“*
- *„Ich fand es gut! Das Thema mit den Versuchen war interessant!“*
- *„Ich fand die Chemiestunden gut, da wir zwei Versuche gemacht haben und nicht nur schreiben mussten, sondern vieles anhand von Bildern und Videos erklärt bekommen haben.“*
- *„Ich fand die letzten beiden Stunden gut.“*
- *„Ich fand die Stunden gut, da wir zwei Experimente gemacht haben und was am PC gemacht haben.“*
- *„Ich fand die letzten beiden Chemiestunden sehr gut. Es hat Spaß gemacht zu vermuten, wie Ötzi an Kupfer gekommen ist und zu experimentieren. Ich weiß nur nicht genau, was genau wir ins Mind Map eintragen sollen, da alles Gelernte bereits an der Tafel stand.“*
- *„Ich fand die zwei Stunden eigentlich ganz gut und das mit dem Lerntagebuch find ich auch sehr gut, da ich so besser mich beteiligen kann.“*
- *„Ich fand die letzten beiden Chemie-Stunden gut, spannend und eigentlich auch sehr spaßig, so macht der Unterricht auch mehr Spaß.“*
- *„Ich finde, dass die letzte Stunde sehr gut war und auch das mit den Mappen (Mind Map) ist eine gute Idee, finde ich.“*
- *„Ich fand den Unterricht gut, weil wir viel experimentiert haben. Mir hat es mehr Spaß gemacht.“*
- *„Ich fand es sehr gut, weil wir experimentiert haben und das neue Lerntagebuch ist eine super Idee.“*

Rückmeldungen zur Doppelstunde: „Der unsichtbare Mörder – die Untersuchung des Tatortes“

- *„Ich fand das heute sehr gut, weil der Mordfall cool war. Das war eine gute Idee.“*
- *„Ich fand die Stunde super, denn man konnte alles selber machen: Zudem war es spannend.“*
- *„Ich finde es hat alles sehr doll Spaß gemacht. Besonders das Recherchieren hat besonders Spaß gemacht. Weiter so!!!“*
- *„Ich fand diese Art von Übung sehr gut da man viele Freiheiten und wir mit dem Internet arbeiten konnten. Außerdem hat dass mit dieser Detektivarbeit sehr viel Spaß gemacht.“*
- *„Ich fand die beiden Stunden sehr gut, da die Aufgabe sowie spannend als auch lustig war, dazu durften wir das Internet für den Mordfall benutzen, das war sehr amüsant.“*
- *„Ich fand die beiden Stunden lustig, da wir mit dem Internet recherchieren durften und selber einen Mordfall aufgeklärt haben.“*
- *„Die Übung war ein bisschen anders. Ich fand sie mittelgut.“*
- *„Ich fand die Übung lustig, da man selbst einen Kriminalfall lösen konnte.“*
- *„Diese Übung war ein bisschen langweilig da man im Internet wenig finden konnte, sonst war es gut.“*
- *„Ich fand das mit dem Kriminalfall eine witzige Sache! Es war sehr gut mit dem Internet zu arbeiten und dieses Thema fand ich sehr gut!“*
- *„Ich fand die Stunde gut, nur die Zeit war etwas knapp.“*
- *„Ich fand die Stunde sehr gut. Erst haben wir lange gucken müssen und nachdenken müssen, aber es war sehr gut.“*
- *„Ich fand die Übung ziemlich gut, da wir frei recherchieren durften und einen Mordfall lösen konnten.“*
- *„Die heutige Chemiestunde war sehr interessant.“*
- *„Ich fand die Chemiestunde gut, weil es interessant war selber zu überlegen. Auf jeden Fall hat es Spaß gemacht!“*
- *„Ich fand den Versuch sehr schwierig, aber man musste viel nachdenken. Es hatte einen gewissen Spaßfaktor! Man hat viel Wissen gewonnen.“*
- *„Ich fand es sehr schwierig, aber gut weil es mal was anderes war. Außerdem war es spannend und hat Spaß gemacht.“*

- *„Die Stunde war sehr gut. Es war interessant und hat Spaß gemacht.“*
- *„Ich fand diese Unterrichtsstunde aufregend und spannend und ich würde mich freuen, wenn wir so etwas öfter machen würden.“*
- *„Ich fand die Aufgabe gut, weil wir so lernten selbstständig zu arbeiten. Die Aufgabe war ein bisschen knifflig.“*
- *„Ich fand das gut, weil wir selbst etwas suchen mussten.“*
- *„Die Stunde war nicht schlecht. Ich fand diesen Mordfall nicht so gut gelungen, ich dachte es wäre ein richtiger Mord.“*
- *„Es war gut, dass wir mal was „anderes“ gemacht haben außer immer in der Klasse zu sitzen.“*

„Spickzettel“ Fachinhalte werden kontextgebunden rekapituliert:

Spickzettel 23.05.2014

Ötzi hat sein Kupfer durch erhitztes Malachit, dass er dann mit Holzkohle erhitzt hat gewonnen. Diesen Feststoff hat er dann wahrscheinlich für sein Kupferbeil genommen.

Wenn Sand mit Magnesiumpulver in einem Bechterglas zusammen erhitzt werden, wird die Mischung nach einiger Zeit rötlich und glüht auf. Dann steigt langsam eine Flamme auf und es wird weiß, außerdem verformt sich das Glas. Die Wortgleichung der Reaktion ist so:

Siliciumdioxid + Magnesium → Silicium + Magnesiumoxid; exotherm.

Dies ist eine Redoxreaktion, da zwischen dem Oxidationsmittel (Siliciumdioxid) und dem Reduktionsmittel (Magnesium) eine Reduktion und eine Oxidation stattfindet. So entsteht Silicium und dieses wird oft für Computerchips benutzt.

Thermitverfahren wird bei zusammenlegen von Bahnenschienen verwendet. Eisenoxid reagiert dabei mit Aluminium und die Bahnenschienen werden so zusammen gefüst. Bei dem Versuch wenn man Eisenoxid und Aluminium zusammen in ein Tongefäß erhitzt, ist die reaktion exotherm und viele Funken folgen. Die Reaktionsgleichung ist so:

Eisenoxid + Aluminium -> Eisen + Aluminiumoxid; exotherm.

Dies ist wieder eine Redoxreaktion.

(Fe_2O_3 -> Fe + Al_2O_3; exotherm)

Redoxreaktion: Eine Redoxreaktion ist eine Reaktion, wo die Oxidation und die Reduxtion gleichzeitig ablaufen.

Reaktionsgleichung von Kupferoxid und Kohlenstoff:

Kupferoxid + Kohlenstoff → Kupfer + Kohlenstoffdioxid ; exotherm

Herstellung von Silizium: Der Sand, indem das Silizium enthalten ist wird mit Kohlenstoff in einen sogenannten Lichtbogenofen getan. Dort wird es zu Rohsilizium umgesetzt. Da es noch verunreinigt ist wird es noch mit einem komplizierten Verfahren gereinigt.

Kupferherstellung: Als erstes hat man Gesteinsbrocken gesammelt, und das Erz vom tauben Gestein getrennt. Die kleinsen Brocken werden nun im Feuer geröstet! Es wurde geröstet um das Kupfererz von den anderen Stoffen zu trennen. Ein teil des Schwefels reagiert mit dem Sauerstoff und daraus wird Schwefeloxid. Der Kupferstein enthält trotzdem noch schwefelanteile! Es wird deswegen nochmal wiederholt. Das Erz wird auf ein Rostbett getan um Lehm zu vertiefen. Das in der Mitte im Erz reagiert mit dem Sauerstoff. Jetzt beginnt es zu schmelzen bei dem das Kupfer gewonnen wird.

<u>“Spickzettel“ der Kontextinhalt dominiert die zentralen Aspekte des Fachinhalts „Redoxreaktionen“:</u>

Spickzettel für Chemie 23.05.2011

Stunden von 4.05.2011

Wir haben uns in der Stunde darum gekümmert, wie und woher Ötzi sein Beil haben könnte. Dazu haben wir verschiedene Hypothesen aufgestellt. Dann haben wir verschiedene Kupfervorkommen besprochen, die auf die Route von Ötzi passen. In der zweiten Stunde haben wir das Kupfervorkommen in Ullachit besprochen und haben dazu einen Versuch gemacht, in dem wir Ullachit mit Holzkohle erhitzen.

Stunden vom 11.05.2011

In diesen Stunden haben wir uns um das Produkt der vorherigen Stunde gekümmert und es untersucht. Dazu haben wir einen Gasnachweis mithilfe von Kalkwasser angestellt, denn wir wollten prüfen, ob beim Versuch Kohlenstoffdioxid entsteht. Desweiteren haben wir gelernt, was Silizium ist, wie es hergestellt wird und wofür man es verwendet. Man findet Silizium z.B in Solarmodulen oder Mikrochips. Außerdem haben wir noch das Prinzip einer Redoxreaktion gelernt und wie diese abläuft.

Das Kupfer aus Ötzis Beil

- Malachit $\xrightarrow{\Delta}$ Kupferoxid + („schwarzer Feststoff")

↓

„Schwarzer Feststoff" + Kohlenstoff $\xrightarrow{\Delta}$ Kupfer + „Gas"; exotherm

↓

Kupferoxid + Kohlenstoff $\xrightarrow{\Delta}$ Kupfer + Kohlenstoffdioxid; exo

Vom Sand zum Chip - Silizium

- Siliziumoxid + Kohlenstoff $\xrightarrow{\Delta}$ Silizium + Kohlenstoffdioxid

- Siliziumoxid + Magnesium $\xrightarrow{\Delta}$ Silizium + Magnesiumoxid

Schienenschweißen

- Eisenoxid + Aluminium $\xrightarrow{\Delta}$ Eisen + Aluminiumoxid; exo

Deutung

Oxidation

Oxidationsmittel + Reduktionsmittel $\xrightarrow{\Delta}$ Reduktion + Oxid; (exo)

Reduktion

“Spickzettel“ Fachinhalte werden dekontextualisiert zusammengefasst:

Spickzettel für Chemie 23.05.2011

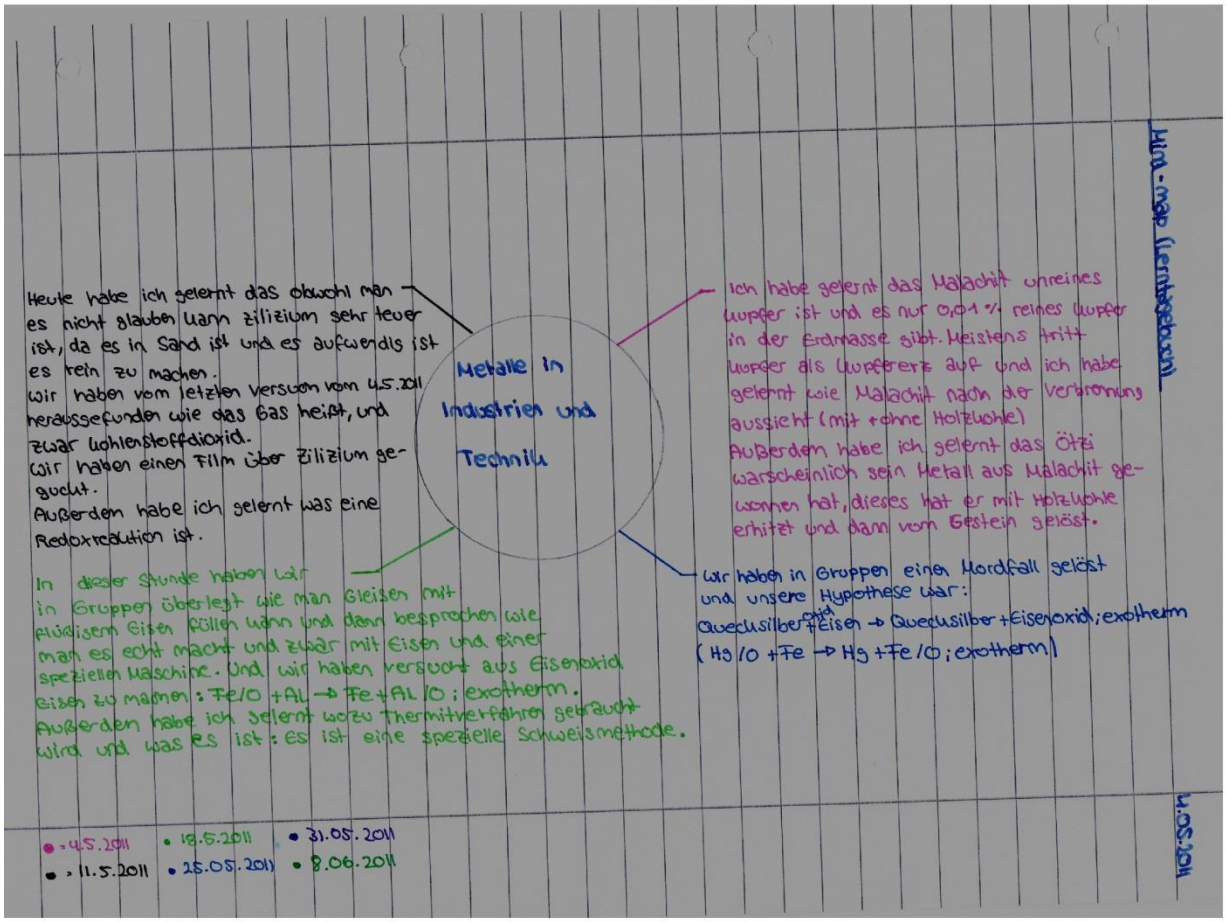
Stunden vom 18.05.2011

In den Stunden haben wir zuerst einen kleinen Exkurs zu der Bevölkerung von Amerika und Australien im Jahre 17. Hundert. Seitdem wissen wir das das Leben in Amerika Gleichter war und in Australien die ganzen Sträflinge zu Hause waren. Danach haben wir noch einen Versuch mit Eisenoxid gemacht. Später haben wir die Zusammensetzung von Schienen besprochen und haben dabei das Thermitschweißen kennengelernt. Dies wird dazu verwendet um Gleise zusammen zubinden

Exemplarische Mind Maps sowie Ausarbeitungen im Test:

Nummer 1:

Nummer 2:


Mind-map (Lerntagebuch)
Metalle in Industrien und Technik
Heute habe ich gelernt das obwohl man es nicht glauben kann Zilizium sehr teuer ist, da es in Sand ist und es aufwendig ist es rein zu machen.
Wir haben vom letzten Versuch vom 4.5.2011 herausgefunden wie das Gas heißt, und zwar Kohlenstoffdioxid.
Wir haben einen Film über Zilizium geguckt.
Außerdem habe ich gelernt was eine Redoxreaktion ist.
In dieser Stunde haben wir in Gruppen überlegt wie man Gleisen mit flüßigem Eisen füllen kann und dann besprochen wie man es echt macht und zwar mit Eisen und einer speziellen Maschine. Und wir haben versucht aus Eisenoxid Eisen zu machen: Fe/O + AL → Fe + AL/O; exotherm.
Außerdem habe ich gelernt wozu Thermitverfahren gebraucht wird und was es ist: Es ist eine spezielle Schweismethode.
Ich habe gelernt das Malachit unreines Kupfer ist und es nur 0,01 % reines Kupfer in der Erdmasse gibt. Meistens tritt Kupfer als Kupfererz auf und ich habe gelernt wie Malachit nach der Verbrennung aussieht (mit + ohne Holzkohle)
Außerdem habe ich gelernt das Ötzi warscheinlich sein Metall aus Malachit gewonnen hat, dieses hat er mit Holzkohle erhitzt und dann vom Gestein gelöst.
Wir haben in Gruppen einen Mordfall gelöst und unsere Hypothese war:
Quecksilberoxid + Eisen → Quecksilber + Eisenoxid; exotherm
(Hg/O + Fe → Hg + Fe/O; exotherm)
• = 4.5.2011
• = 11.5.2011
• 18.5.2011
• 25.05.2011
• 31.05.2011
• 8.06.2011
4.05.2011

Nummer 2 T (Test):

Chemietest 10.06.2011

1. Es ist eine Redoxreaktion abgelaufen. Das Silberoxid ist mit Kohlenstoff in Verbindung gekommen und dadurch sind Metallstückchen entstanden. Die Reaktion konnte ablaufen, da das Silberoxid schon bei x°

Silberoxid + Kohlenstoff → Silber + Kohlenstoffdioxid; exotherm

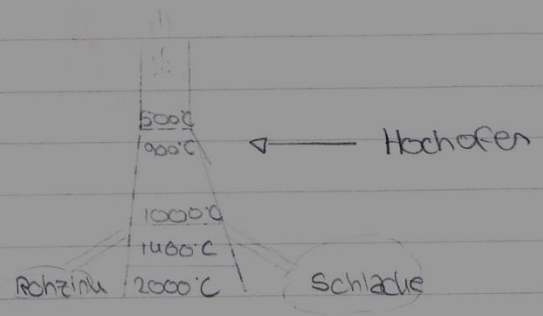
x° Zimmertemperatur mit dem Kohlenstoff reagiert.

2.

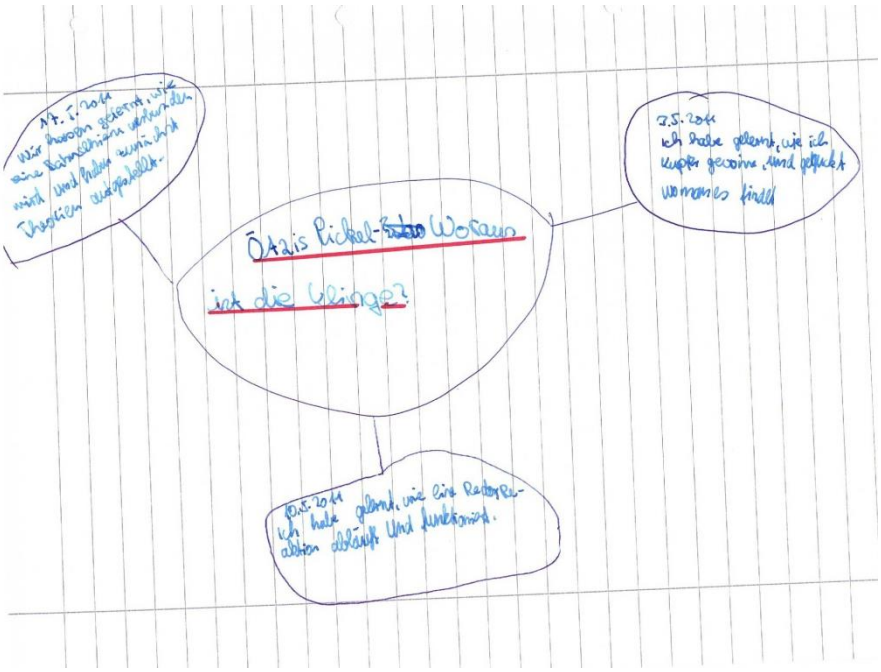
Der Reaktionsablauf ist genau so wie beim Kohleofen das Erz wird mit Kohle erhitzt und es kommen Rohzink und Schlacke heraus.

Erz + Kohle $\xrightarrow{\Delta}$ Rozink + Schlacke; exotherm

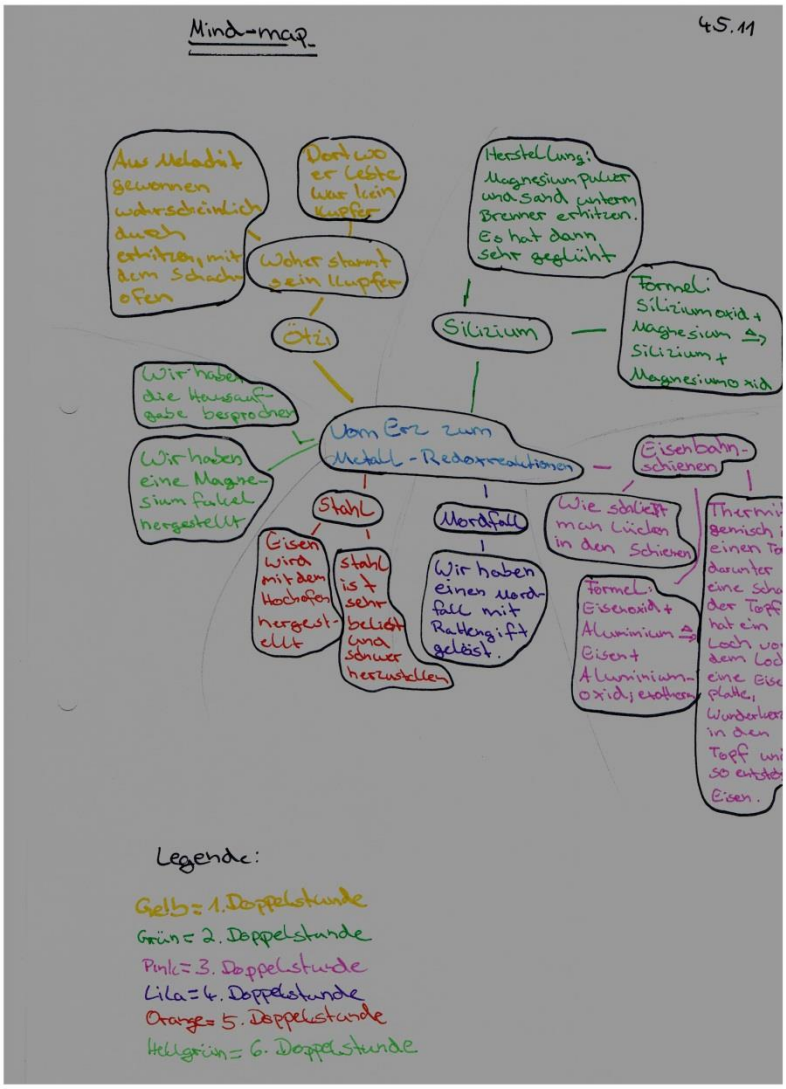
Skizze:



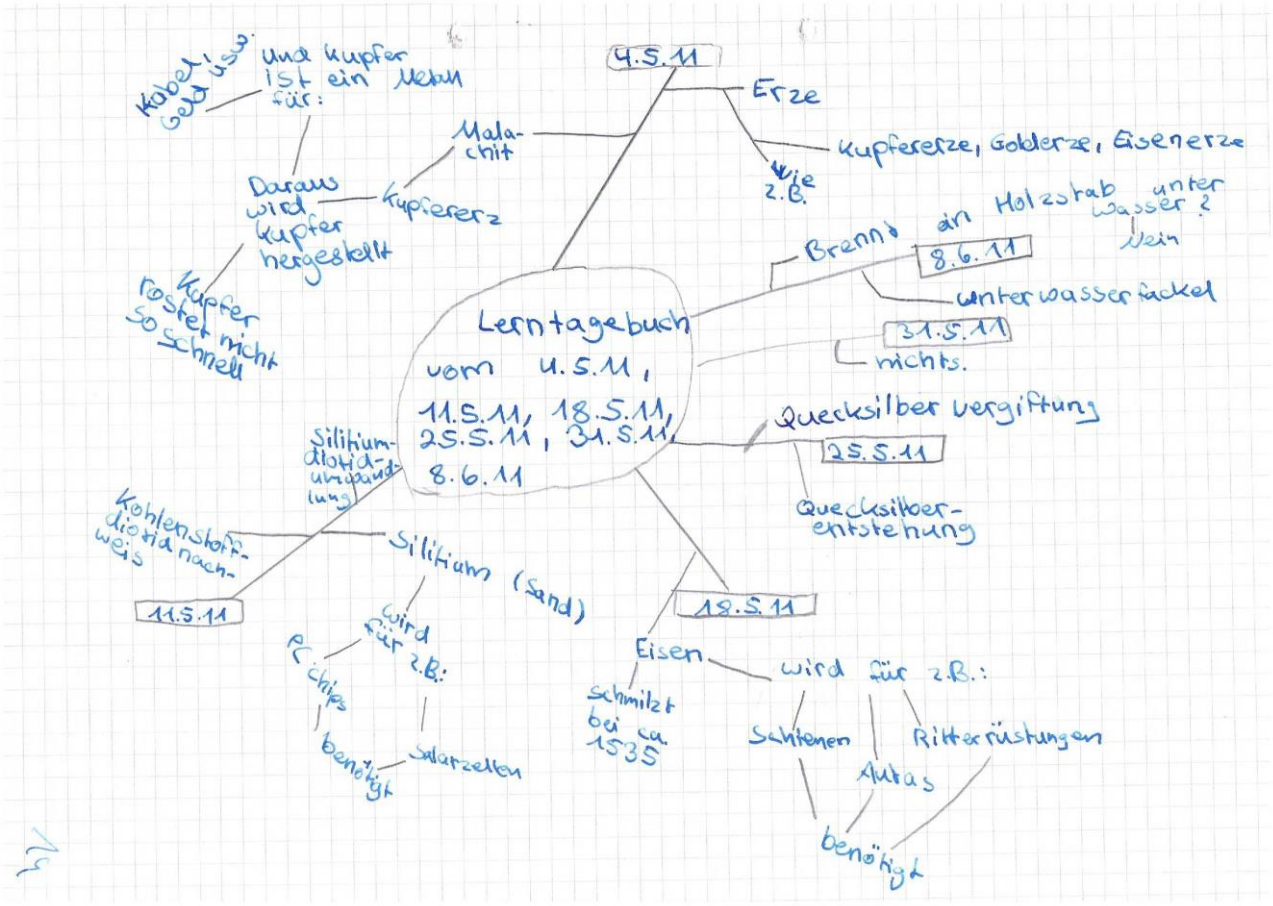
Nummer 5:


17.5.2011
Wir haben gelernt, wie eine Datenschienen verbunden wird und haben zurückt Theorien ausgestellt.
Ötzis Pickel-~~Stab~~ Woraus ist die Klinge?
3.5.2011
Ich habe gelernt, wie ich Kupfer gewinne, und gefluckt womanes findet
10.5.2011
Ich habe gelernt, wie eine Redox-Reaktion abläuft und funktioniert.

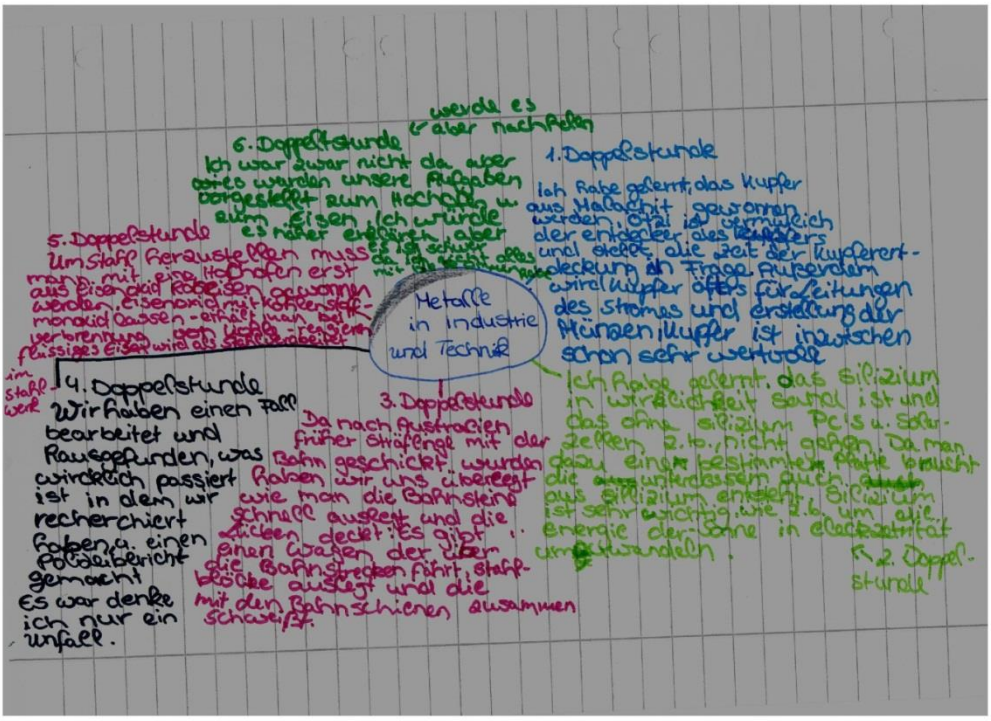
Nummer 6:


Mind-map
45.11
Aus Melachit gewonnen wahrscheinlich durch erhitzen, mit dem Schachofen
Dort wo er lebte war kein Kupfer
Woher stammt sein Kupfer
Ötzi
Herstellung: Magnesium pulver und Sand unterm Brenner erhitzen. Es hat dann sehr geglüht
Silizium
Formel: Siliziumoxid + Magnesium ⇒ Silizium + Magnesiumoxid
Wir haben die Hausaufgabe besprochen
Wir haben eine Magnesium fackel hergestellt
Vom Erz zum Metall - Redoxreaktionen
Eisenbahnschienen
Stahl
Eisen wird mit dem Hochofen hergestellt
Stahl ist sehr beliebt und schwer herzustellen
Mordfall
Wir haben einen Mordfall mit Rattengift gelöst.
Wie schließt man Lücken in den Schienen
Formel: Eisenoxid + Aluminium ⇒ Eisen + Aluminiumoxid; exotherm
Legende:
Gelb = 1. Doppelstunde
Grün = 2. Doppelstunde
Pink = 3. Doppelstunde
Lila = 4. Doppelstunde
Orange = 5. Doppelstunde
Hellgrün = 6. Doppelstunde

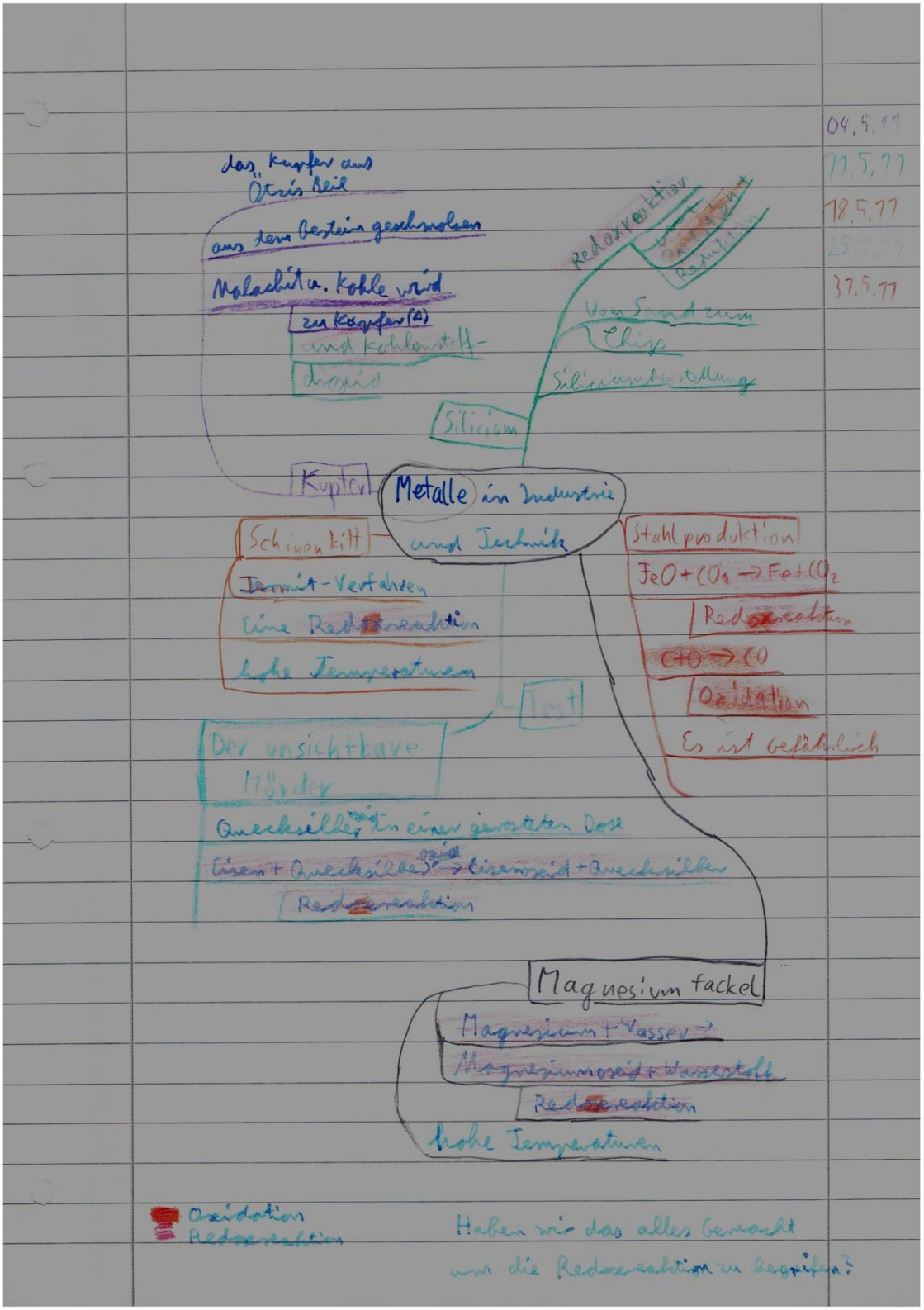
Nummer 8:


Lerntagebuch
vom 4.5.11,
11.5.11, 18.5.11,
25.5.11, 31.5.11,
8.6.11
4.5.11
Erze
Kupfererze, Golderze, Eisenerze
wie z.B.
Malachit
Kupfererz
Daraus wird Kupfer hergestellt
Kabel, Geld usw.
und Kupfer ist ein Metall für:
Kupfer rostet nicht so schnell
Brennt ein Holzstab unter Wasser?
Nein
8.6.11
unterwasserfackel
31.5.11
nichts.
Quecksilbervergiftung
25.5.11
Quecksilberentstehung
Silitium-diotid-umwandlung
Kohlenstoff-diotid nachweis
11.5.11
Silitium (Sand)
wird für z.B.:
PC chips
benötigt
Salarzellen
18.5.11
Eisen
schmilzt bei ca. 1535
wird für z.B.:
Schienen
Ritterrüstungen
Autos
benötigt

Nummer 9:


werde es
aber nachhelfen
6. Doppelstunde
Ich war zwar nicht da, aber
es wurden unsere Aufgaben
vorgestellt zum Hochofen u.
zum Eisen. Ich würde
es näher erklären, aber
1. Doppelstunde
Ich habe gelernt, das Kupfer
aus Malachit gewonnen
werden. Oft ist vermutlich
der entdecker des Kupfers
und stellt die Zeit der Kupferent-
deckung in Frage. Außerdem
wird Kupfer öfters für Leitungen
des Stromes und Erstellung der
Münzen. Kupfer ist inzwischen
schon sehr wertvoll
5. Doppelstunde
Um Stahl herzustellen muss
man mit eine Hochofen erst
aus Eisenoxid Roheisen gewonnen
werden. Eisenoxid mit Kohlenstoff-
monoxid lassen - erhält man bei
verbrennung von Kohle - reagieren
flüssiges Eisen wird als Stahlverarbeitet
Metalle
in Industrie
und Technik
im Stahlwerk
4. Doppelstunde
Wir haben einen Fall
bearbeitet und
Rausgefunden, was
wirklich passiert
ist in dem wir
recherchiert
haben u. einen
Polizeibericht
gemacht
Es war denke
ich nur ein
Unfall.
3. Doppelstunde
Da nach Australien
früher Sträflinge mit der
Bahn geschickt wurden
haben wir uns überlegt
wie man die Bahnsteine
schnell auslegt und die
Lücken deckt: Es gibt
einen Wagen der über
die Bahnstrecken fährt, Stahl-
blöcke auslegt und die
mit den Bahnschienen zusammen
schweißt.
Ich habe gelernt, das Silizium
in Wirklichkeit Sand ist und
das ohne Silizium PC's u. Solar-
zellen z.b. nicht gehen. Da man
dazu einen bestimmten Platte braucht
die unterlassen auch
aus Silizium entsteht. Silizium
ist sehr wichtig, wie z.b. um die
Energie der Sonne in Elektrizität
umzuwandeln.
2. Doppel-
stunde

Nummer 17:


04.5.77
11.5.77
18.5.77
25.5.77
31.5.77
das Kupfer aus Otris Beil
aus dem Gestein gewinnen
Malachit u. Kohle wird
zu Kupfer(II)
und Kohlenstoff-
dioxid
Kupfer
Silicium
Von Sand zum Chip
Siliziumherstellung
Metalle in Industrie und Technik
Schienenkitt
Termit-Verfahren
Eine Redoxreaktion
hohe Temperaturen
Test
Stahlproduktion
FeO + CO2 → Fe + CO2
Redoxreaktion
C+O → CO
Oxidation
Es ist gefährlich
Der unsichtbare Mörder
Quecksilber in einer geöffneten Dose
Eisen + Quecksilber → Eisenoxid + Quecksilber
Redoxreaktion
Magnesium fackel
Magnesium + Wasser →
Magnesiumoxid + Wasserstoff
Redoxreaktion
hohe Temperaturen
Oxidation
Redoxreaktion
Haben wir das alles gemacht
um die Redoxreaktion zu begreifen?

Nummer 17 T (Test):

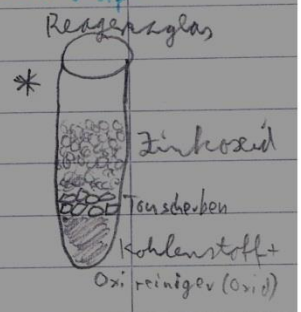
17

Chemie test

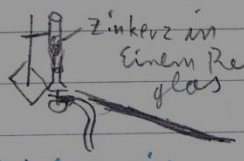
1) Silberoxid + Eisen → Silber + Eisenoxid (Rost)

Es hat eine Redoxreaktion stattgefunden u. der Feststoff ist Silber.

2) ~~Zinksulfid + Oxid → Zinksulfidoxid~~
~~Zinksulfidoxid~~
1. Zinkerz + Oxid → Zinkoxid
2. Kohlenstoff + Oxid → Kohlenstoffmonoxid
3. Zinkoxid + Kohlenstoffmonoxid → Zink + Kohlenstoff-
tzo dioxid

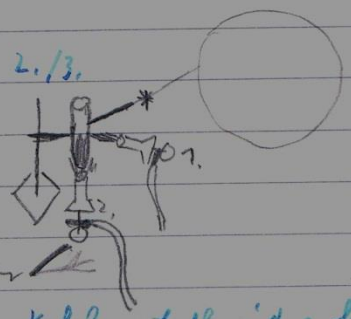


1.



Zinkerz wird erhitzt, damit es sich mit Sauerstoff verbin-
det

2./3.



Kohlenstoff wird erhitzt, damit er sich mit dem Sauerstoff verbindet um ~~d~~ sich dann mit dem Oxid von dem Zinkoxid zu verbinden.

1. Aktivierungsenergie für das Zinkoxid
2. Aktivierungsenergie für das Kohlenstoff

Nummer 23:

Lerntagebuch - Mind Map

Metalle in Industrie und Technik – Redoxreaktion

Kupfer kommt hauptsächlich in Kupfererzen vor
↳ Kupfergewinnung aus Malachit
Versuch
- Kupfer + Sauerstoff $\xrightarrow{\Delta}$ Kupferoxid
- Kupferoxid + Kohlenstoff$_{(s)}$ $\xrightarrow{\Delta}$ Kupfer$_{(s)}$ + „Gas"$_{(g)}$; exotherm

Worum handelt es sich bei dem entstandenen Gas?
Warum ist bei der chemischen Reaktion mit Kupferoxid und Kohlenstoff Kupfer entstanden?

Verhüttung von Kupfer zu Ötzis Zeiten
↳ Rösten von Kupfer mit einem Röstbett → Kupfererz wird vom Schwefelanteil befreit
- Aufbau und Funktion eines Schachtofens
  ↳ Vorgänge und chemische Reaktionen im Schachtofen zur Kupfergewinnung

Steckbrief: Schwefeldioxid (Entsteht beim Rösten von Kupfer)

Verwendung von Kupfer in der Neuzeit
↳ Vorallem für elektrische Leitungen, Münzen
- in Legierungen
- Dachrinnen
- Hauswasserleitungen
- auch der Mensch braucht Kupfer, wenn auch in geringen Mengen

04.05.2011

25.05.2011 Hypothese zum Mordfall:

Quecksilberoxid + Eisen → Quecksilber + Eisenoxid; exotherm

$HgO + Fe \rightarrow Hg + FeO$; exotherm

11.05.2011 Siliciumgewinnung aus Sand

↳ Siliciumdioxid + Magnesium $\xrightarrow{\Delta}$ Silicium + Magnesiumoxid; exotherm

(Siliciumdioxid + Kohlenstoff $\xrightarrow{\Delta}$ Silicium + Kohlenstoffdioxid; exotherm)

18.05.2011

Beim Lückenschluss von Schienenstücken findet das Thermitverfahren Anwendung. Bei der Redoxreaktion reagiert Eisenoxid mit Aluminium und es entsteht eine eisenhaltige Schlacke, die den Zwischenraum schließt.

Eisenoxid$_{(s)}$ + Aluminium$_{(s)}$ $\xrightarrow{\Delta}$ Eisen + Aluminiumoxid; exotherm

$FeO + Al \rightarrow Fe + AlO$; exotherm

Redoxreaktion:

Reduktion

Siliciumdioxid + Magnesium → Silicium + Magnesiumoxid; exotherm

Oxidation

Oxidationsmittel — Reduktionsmittel

Durch eine Nachweisreaktion mit Kalkwasser haben wir nachgewiesen, dass es sich bei dem entstandenen Gas um Kohlenstoffdioxid handelt.

In einer Reaktion mit Kohlenstoff wird Kupferoxid zu Kupfer reduziert. Der Kohlenstoff nimmt den Sauerstoff auf und wird zu Kohlenstoffdioxid oxidiert.

↳ Comic zur Redoxreaktion

31.05.2011

Lerntagebuch - Mind Map

Zur Herstellung von Stahl benötigt man Roheisen, welches im Hochofen in einer Reaktion mit Kohlenstoffmonoxid. Kohle verbrennt bei hohen Temperaturen zu Kohlenstoffmonoxid, dass für die Redoxreaktion benötigt wird. Das flüssige Roheisen wird im Stahlwerk zu Stahl weiterverarbeitet.

Gestiegene Kosten:
- hoher Energieaufwand
- gestiegene Nachfrage

↳ Versuch:

Kohle + Saverstoff ⟶ Kohlenstoffmonoxid; exotherm

$C + O \longrightarrow CO$

Eisenoxid + Kohlenstoffstoffmonoxid ⟶ Eisen + Kohlenstoffdioxid; exotherm

$FeO \quad CO \longrightarrow Fe \quad CO_2$; exotherm

31.05.2011

Metalle in Industrie und Technik – Redoxreaktion

08.06.2011

Eine Magnesiumfackel kann auch unter Wasser brennen, denn die hohen Temperaturen lassen das Wasser um der Fackel verdampfen. Für die Redoxreaktion ist eben dieser Wasserdampf nötig.

Magnesium$_{(s)}$ + Wasser$_{(g)}$ ⟶ Magnesiumoxid$_{(s)}$ + Wasserstoff$_{(g)}$; exotherm

$$\underbrace{Mg_{(s)} + H_2O_{(g)} \longrightarrow MgO_{(s)} + H_{2\,(g)}}_{\text{Oxidation}}\text{; exotherm}$$

Reduktion

Magnesium oxidiert zu Magnesiumoxid und Wasser wird reduziert zu Wasserstoff. Die Reaktion läuft exotherm ab.

Nummer 23 T (Test):

Nr. 1)

Es hat eine Redoxreaktion stattgefunden. Das Silberoxid ist dabei zu Silber reduziert worden. Das Eisen der Dose hat mit dem Sauerstoff des Silberoxides reagiert und ist dabei zu Eisenoxid oxidiert.
Die alte, verrostete und löchrige Dose besteht nun aus Eisenoxid. Bei den silbrig glänzenden Metallstückchen handet es sich um Silber.

Reduktionsmittel

Oxidation

Silberoxid + Eisen ⟶ Silber + Eisenoxid; exotherm

Reduktion

Oxidationsmittel

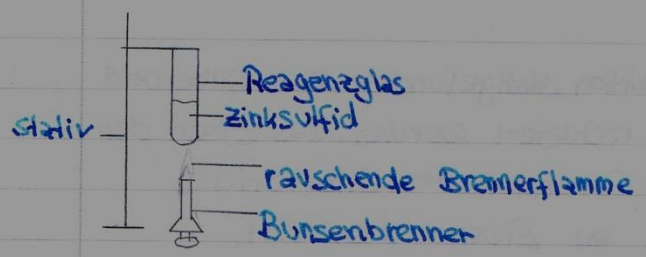
Nr. 2

Zuerst musste man das Zinksulfid von seinem Schwefelanteil befreien. Dieses gelingt in einem Röstprozess. Der Schwefel reagiert mit dem Luftsauerstoff und entweicht als Schwefeloxid. Bei diesem Vorgang wird aber auch das Zink zu Zinkoxid oxidiert.

Zinksulfid + Sauerstoff ⟶ Zink + Schwefeloxid; exotherm

Zink + Sauerstoff ⟶ Zinkoxid; exotherm

Versuchsaufbau:



Vom Zinkoxid muss nun noch der Sauerstoffanteil getrennt werden. Dieses findet in einer weiteren Redoxreaktion statt. Als Reduktionsmittel kann Kohle verwendet werden. Das Zinkoxid wird zu Zink reduziert und Kohle wird zu Kohlenstoffdioxid oxidiert.

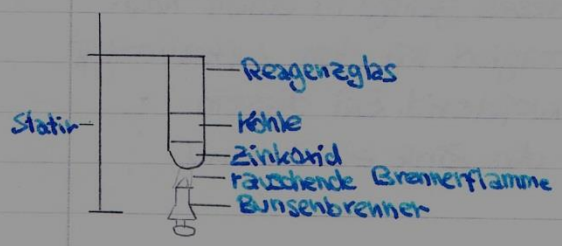
Oxidation

Zinkoxid + Kohle ⟶ Zink + Kohlenstoffdioxid; exotherm

Reduktion

Oxidationsmittel Reduktionsmittel

Versuchsaufbau:



Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich diese Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Außerdem versichere ich, dass ich die allgemeinen Prinzipien wissenschaftlicher Arbeit und Veröffentlichung, wie sie in den Leitlinien guter wissenschaftlicher Praxis der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg festgelegt sind, befolgt habe.

Ort, Datum	*Unterschrift*