

Goethe-Universität Frankfurt am Main

Institut für Didaktik der Physik

Erhebung von Schülervorstellungen zur Ausdehnung bei Erwärmung

Wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das
Lehramt an Gymnasien im Fach Physik, eingereicht der Hessischen
Lehrkräfteakademie
– Prüfungsstelle Frankfurt am Main –

Thema:	Erhebung von Schülervorstellungen zur Ausdehnung bei Erwärmung
Verfasser:	Lion Cornelius Glatz
Gutachter:	Prof. Dr. Thomas Wilhelm
Abgabedatum:	20.12.2017

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen	1
2.1	Lernen im Physikunterricht	1
2.2	Schülervorstellungen	3
2.2.1	Zum Begriff „Schülervorstellungen“	3
2.2.2	Schülervorstellungen und Sprache	4
2.2.3	Arten von Schülervorstellungen	5
2.2.4	Eigenschaften von Schülervorstellungen	6
2.2.5	Der Umgang mit Schülervorstellungen im Unterricht	6
2.3	Physikunterricht und Thermodynamik	11
2.3.1	Modelle im Physikunterricht	11
2.3.2	„Wärme“ im Alltag und im Physikunterricht	13
2.3.3	Schülervorstellungen zu Ausdehnung bei Erwärmung	15
2.3.4	Unterrichtsvorschläge zur Wärmelehre	16
2.4	Naturwissenschaftsdidaktische Forschung	18
2.4.1	Qualitative und quantitative Forschung	20
2.4.2	Das Leitfadeninterview	20
3	Die Erhebung	22
3.1	Der Forschungsstand	22
3.2	Fragestellung und Erhebungsmethode	23
3.3	Die Experimente	24
3.4	Die Interviewdurchführung	26
3.5	Der Interviewleitfaden	28
4	Aufbereitung und Auswertung der Daten	31
4.1	Transkription	31
4.2	Überführung in redigierte Aussagen	33
4.3	Ordnen der redigierten Aussagen	34

4.4	Explikation und Einzelstrukturierung	36
4.5	Verallgemeinerung und Vergleich der Ergebnisse.....	37
5	Ergebnisse	37
5.1	Vorstellung, Explikation und Einzelstrukturierung.....	38
5.1.1	Lena.....	38
5.1.2	Lukas	40
5.1.3	Lydia	41
5.1.4	Anna	43
5.1.5	Michael.....	45
5.1.6	Max	47
5.1.7	Daniel	48
5.1.8	Julia	50
5.1.9	Diego.....	51
5.1.10	Tom	52
5.1.11	Heike	54
5.1.12	Felix	55
5.2	Verallgemeinerung und Diskussion	57
5.3	Abschließende Betrachtung.....	61
6	Schlussfolgerung und Ausblick	62
7	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	63
8	Literaturverzeichnis.....	64
9	Anhang	68

1 Einleitung

Die Ausdehnung der Stoffe bei Erwärmung ist ein Phänomen das uns im Alltag in vielerlei Hinsicht begegnet. Dabei verhalten sich unterschiedliche Stoffe auf verschiedene Art und Weise, was allerdings von Vorteil ist. Ein Beispiel dafür ist die Anomalie des Wassers, die ein Grund dafür ist, dass Fische auch im Winter überleben können. Doch auch im technischen Bereich kann man sich die Effekte der thermischen Ausdehnung zu Nutze machen, dafür sind die Bimetalle ein gutes Beispiel, die dank der unterschiedlich starken Ausdehnung bei Erwärmung ihre Form in eine gewünschte Richtung verändern können.

Auch im Physikunterricht spielt die Ausdehnung bei Erwärmung eine Rolle. Um die Vermittlung dieses Themeninhaltes zu unterstützen, wurden im Rahmen dieser Examensarbeit Schülervorstellungen zur Ausdehnung bei Erwärmung an Stoffen unterschiedlicher Aggregatzustände erhoben. Es wird erhofft, dass sich die hier vorgestellten Ergebnisse für den naturwissenschaftlichen Unterricht als hilfreich erweisen, besonders indem sie Anknüpfungspunkte für Vermittlungssituationen oder weitere Studien bieten.

2 Grundlagen

2.1 Lernen im Physikunterricht

Bis in die 1990er Jahre hinein wurde Lernen in der didaktischen Forschung oft als ein Prozess gesehen, den man auch als ein Entgegennehmen von Wissen beschreiben könnte. Diese Vorstellung beruhte auf der Annahme, dass in der Verantwortung der Lehrenden lediglich die Auswahl von „passenden“ Instruktionen besteht. Damit diese direkten Anleitungen zu einem Lernerfolg führen, muss die grundsätzliche Lernbereitschaft der Lernenden vorausgesetzt sein, welche sich vor allem durch Aufmerksamkeit äußert und mit Motivation und Konzentration zusammenhängt (Reich, 2012, S. 191).

Aus heutiger Perspektive ist diese enge Vorstellung über den Lernprozess, der sich vor allem durch Passivität der Lernenden charakterisiert, jedoch längst überholt (ebd., S. 191). Zahlreiche Untersuchungen haben gezeigt, dass eine einfache Weitergabe von Wissen nicht gelingt und dass eine konstruktivistische Beschreibung des

Lernprozesses viel angebracht ist (vgl. Häußler, Bündler, Duit, Gräber & Mayer, 1998, S 170; Duit, 2002, S. 7).

Von der konstruktivistischen Sichtweise gibt es verschiedene Varianten, doch im Kern lässt sie sich damit zusammenfassen, dass Wissen nicht übertragen wird, sondern von den Lernenden selbst, in eigener Verantwortung, konstruiert wird. Außerdem besagt sie, dass die „Außenwelt“, welche auf jeden Menschen auf vielfältige Art und Weise einwirkt, als eine menschliche Konstruktion gesehen werden muss, die allein durch menschliche Interpretation entsteht. Dies soll nicht die Existenz einer von den Menschen unabhängigen Realität leugnen, sondern vielmehr betonen, dass das Wissen, das wir uns über diese Realität aneignen, von uns konstruiert ist. Nach Glaserfeld (1993, zitiert nach Duit, 2002, S. 8) wird dabei nur das Wissen aufgebaut, welches sich als „fruchtbar“ erweist, sich bei Anwendungen bestätigt und im Einklang mit der Realität ist. Folglich ist auch naturwissenschaftliches Wissen eine menschliche Konstruktion, was man auch durch einen Blick auf die Wissenschaftsgeschichte sehen kann, die des Öfteren ursprünglich akzeptierte Theorien durch fruchtbarere ersetzen musste (Duit, 2002, S. 7f).

Um nun Wissen erfolgreich konstruieren zu können, sind folglich nicht nur die sozialen und materialen Gegebenheiten der Lernumgebung von Bedeutung, sondern vor allem auch die Vorstellungen, welche sowohl die Lernenden als auch die Lehrenden mit einem bestimmten Thema, Inhalt oder Begriff verbinden (Duit, 2002, S 7f). Dies ist aus dem einfachen Grund ersichtlich, dass, wie bei jeder menschlichen Interaktion, auch im Unterricht Missverständnisse auftreten. Das lässt sich nicht vermeiden, denn

Sinnesdaten, die der Lernende empfängt, wenn er etwas vom Lehrer hört, wenn er etwas liest, wenn er ein Bild sieht oder wenn er etwas fühlt, haben keine ihnen gewissermaßen innewohnende Bedeutung. Die Sinnesdaten erhalten vielmehr erst dadurch eine Bedeutung für den Empfangenden, dass dieser ihnen eine Bedeutung verleiht. Diese Bedeutung wiederum entsteht im Rahmen der Vorstellungen, mit denen der Lernende an die Interpretation der eingehenden Sinnesdaten herangeht. (Häußler et al., 1998, S. 171)

Es ist somit naheliegend, dass Vorstellungen der Lernenden eine bedeutende Rolle haben und ihnen auch im Unterricht eine entsprechende Stellung zugeschrieben werden muss. Schließlich sind sie nicht nur dafür verantwortlich, was für ein Bild sich Lernende von dem machen, was ihnen die Lehrperson durch verbale oder verschriftlichte Kommunikation direkt vermittelt, sondern auch, wie scheinbar

objektive Beobachtungen wahrgenommen werden (Duit, 2002, S. 9). Ein Beispiel dafür ist, dass Schülerinnen und Schüler in der Regel behaupten einen am Strom angeschlossenen Draht an einer Seite zuerst aufleuchten zu sehen, wenn sie die Vorstellung haben, dass Strom von einer Seite in den Draht hineinfließt, selbst wenn der Draht sichtbar über die ganze Länge anfängt zu leuchten. „Fast jeder sah das, was er zu sehen erwartete (Schlichting, 1991, zitiert nach Duit, 1993, S. 5). Das verdeutlicht, dass selbst scheinbar eindeutige Experimente nur eingeschränkte Überzeugungskraft haben können und dass eine nähere Analyse von Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern notwendig ist.

2.2 Schülervorstellungen

2.2.1 Zum Begriff „Schülervorstellungen“

Der Begriff „Schülervorstellungen“ wird häufig für die Beschreibung aller Vorstellungen zu den noch zu lernenden Themen, Phänomenen, Begriffen und Prinzipien genommen, die Schülerinnen und Schüler mit in den Unterricht bringen. Schließlich kann man davon ausgehen, dass die Lernenden „nicht als leere, unbeschriebene Blätter in den Unterricht hineinkommen“ (Duit, 1993, S. 4). Gemeint sind allerdings meistens die Vorstellungen, die aus den alltäglichen Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler stammen. Da schon vor dem Unterricht jedes Kind mit den Begriffen und Phänomenen wie beispielsweise Licht, Wärme, Schall oder Bewegung in Kontakt getreten und einen gewissen Umgang damit gepflegt hat, können diese Alltagsvorstellungen fest verankert sein (Duit, 2002, S.1).

Wichtig ist außerdem, dass „Schülervorstellungen“ nicht mit „Fehlvorstellungen“ gleichgesetzt werden (Schmidt & Parchmann, 2011, S 15). Diese Annahme würde die Möglichkeit entfernen, auf eine konstruktive Art mit vorhandenen Vorstellungen zu arbeiten. Außerdem widerspricht sie gewissermaßen der konstruktivistischen Sichtweise, gemäß welcher jede Art von Wissenserwerb von Voreinstellungen und vorhandenen Erfahrungen geprägt ist und nicht nur Teil der Schülerrealität ist. Dementsprechend empfehlen Schmidt und Parchmann (2011), dass Alltagsvorstellungen die Möglichkeit gegeben werden sollte, im Lernprozess eine Brückenfunktion zu den fachlich angestrebten Vorstellungen zu übernehmen, falls diese sich widersprechen (S. 15). In den Naturwissenschaften ist es allerdings so, dass die Alltagsvorstellungen in der Regel nicht mit den angestrebten fachlichen

Sichtweisen übereinstimmen (Duit, 2002, S. 6). Wie das nächste Kapitel zeigen wird, ist dafür unter anderem die verwendete Sprache verantwortlich – sowohl innerhalb als auch außerhalb des Unterrichts.

Wenn fortan von „Schülervorstellungen“ die Rede ist, werden damit die Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern gemeint, die sowohl aus Alltagserfahrungen als auch aus anderen, vorangegangenen Unterrichtsstunden stammen. Eine klare Trennung dieser beiden Bereiche ist ohnehin schwer zu ziehen, da beispielsweise auch in schulischen Kontexten lebensweltliche Vorstellungen vermittelt werden können (Gropengießer, 2008, S. 182).

2.2.2 Schülervorstellungen und Sprache

Sprache ist das zentrale Medium, durch welches gedankliche Bilder aufgenommen, geformt oder mitgeteilt werden. Für das Lernen generell und somit auch für das Lernen von Physik ist sie deshalb ohne Zweifel von zentraler Bedeutung (Rincke & Leisen, 2015, S. 637). Dabei ist zu beachten, dass je nach fachlicher Disziplin teilweise unterschiedliche Sprachen und ein differenzierter Wortschatz verwendet werden (ebd., S. 642). Je nach Kontext existiert somit eine bestimmte Fachsprache. Das ist auch im naturwissenschaftlichen Unterricht bemerkbar.

Was Fachsprache ausmacht, ist ihr spezifisches Vokabular, ihre stilistischen und syntaktischen Besonderheiten, sowie ihr Auftreten in fachlichen Kommunikationssituationen (ebd., S. 642). Im Physikfach kann es für Schülerinnen und Schüler deshalb zu Schwierigkeiten führen, da viele Fachwörter nicht „als solche zu erkennen [sind], da sie auch in vielen anderen Zusammenhängen Bedeutungen haben“ (ebd., S. 645). Es wird deshalb zu einem „sprachsensiblen Physikunterricht“ geraten, der sich dieser Tatsachen bewusst ist und Sprache bewusst einsetzt. Schließlich werden Begriffe wie „Kraft“, „Energie“ oder „Wärme“ erst durch ihre sprachliche Umgebung zu Fachbegriffen, da sie in anderen, alltäglichen Kontexten eine ganz andere Bedeutung tragen (ebd., S. 654).

Die Verbindung zwischen Sprache und Schülervorstellungen ist folglich eindeutig und in zahlreichen Situationen beobachtbar. Vor allem die Alltagssprache beeinflusst vorunterrichtliche Vorstellungen, die in die verschiedensten Bereiche hineinreichen können. Die im Alltag oft verwendete Formulierung „Die Sonne geht auf“ deutet

beispielsweise auf ein anderes Bild der Planetenbewegung, als das heute bekannte. Auch ist oft von „Stromverbrauch“ die Rede, was sich in Argumentationen der Schülerinnen und Schüler im Physikunterricht oft widerspiegelt (Wiesner, 2008, S. 4) und einem fachlich korrekten Bild der Elektrizitätslehre gegenübersteht.

Diese Beispiele verdeutlichen, dass durch alltägliche Sprache Vorstellungen erzeugt und geprägt werden können, die aus physikalischer Sicht fehlerhaft sind. Auch wie die Begriffe Wärme, Energie, Kraft, Strom oder Spannung in der Literatur oder in anderen Medien verwendet werden, prägt die Vorstellungen zu den damit verbundenen Themen. Gleichzeitig ist Sprache das wohl wichtigste Mittel um Deutungen von Beobachtungen und Erfahrungen durchzuführen. Dies trifft auch auf den Physikunterricht zu. Da Schülervorstellungen sehr fest verankert und resistent gegen Veränderung sein können, ist ein adäquater und bewusster Umgang mit ihnen im Physikunterricht unerlässlich (Duit, 2002, S. 1).

2.2.3 Arten von Schülervorstellungen

Neben der Klassifizierung von Vorstellungen in Alltagsvorstellungen und solche die aus dem unterrichtlichen Kontext stammen, gibt es noch eine weitere Möglichkeit, Schülervorstellungen einzuteilen: allgemeine, übergreifende einerseits und spezifische, inhaltsbezogene andererseits (Wiesner, Schecker & Hopf, 2015, S 34).

Die allgemeinen Schülervorstellungen sind dadurch charakterisiert, dass sie auf mehrere Inhalte angewendet werden können, indem sie für verschiedene Prinzipien verallgemeinert werden. Das macht sie resistenter gegen Veränderung, da sie in mehreren Bereichen Anwendung finden und sich bewähren können. Ein Beispiel dafür wäre die Vorstellung von einem Prinzip des „Verbrauchens“. Gemäß dieser Vorstellung muss bei jedem Vorgang etwas verbraucht werden, sei es das Wachs beim Brennen einer Kerze oder Strom bei einem elektrischen Gerät. Des Weiteren können unzutreffende Kategorisierungen von Phänomen zu den allgemeinen Schülervorstellungen geordnet werden. Licht wird dementsprechend als ein „Helligkeitszustand“ und nicht als etwas „ständig Strömendes“ gesehen, oder die Kraft als eine Eigenschaft und nicht die Beziehung, die zwei Körper zueinander haben (Wiesner et al., 2015, S. 34f).

Zu den spezifischen Schülervorstellungen, die nicht einfach auf andere physikalische Inhalte übertragen werden, zählen solche, die an einen bestimmten Gegenstand, ein Material oder ein Phänomen gebunden sind. Ein Beispiel dafür wäre die Vorstellung, dass ein Spiegel die Eigenschaft besitzt Licht zu reflektieren, andere Oberflächen aber nicht (Wiesner et al., 2015, S. 35).

2.2.4 Eigenschaften von Schülervorstellungen

Ungeachtet dessen, in welche Kategorien sie eingeteilt werden, „überleben“ Schülervorstellungen oft auch den Unterricht (Kasper, 2011, S. 32). Grund dafür ist, dass sie, obwohl sie für die Lehrperson oftmals widersprüchlich erscheinen mögen, eine gewisse innere Logik besitzen und innerhalb dieser Logik Phänomene befriedigend erklären können (Wiesner et al., 2015, S. 34). Kasper (2011) beschreibt dies mit dem Bild eines „harten Kerns“, der die Grundstruktur der Vorstellung ausmacht und weitgehend unverändert bleibt (S. 32). Um diesen Kern auch in Fällen von scheinbar offensichtlichen Widersprüchen zu unterstützen und an ihm festzuhalten werden um ihn herum „Schutzgürtel“ gelegt, welche zum Beispiel aus Hilfsklauseln bestehen (ebd., S. 32). Da Vorstellungen zusätzlich dazu auch spontan bei der Beobachtung von Phänomenen entstehen können (Wiesner et al., 2015, S. 34), ist eine Kenntnis über mögliche Vorstellungen von Seiten der Lehrperson von großer Bedeutung (Kasper, 2011, S. 32). Aus diesem Grund sollte Unterricht auch bewusst so konstruiert werden, dass er die Vorstellungen berücksichtigt (Wiesner et al., 2015, S. 34).

2.2.5 Der Umgang mit Schülervorstellungen im Unterricht

Laut Kattmann (2003) gibt es in der Fachdidaktik drei unterschiedlich ausgeprägte Herangehensweisen zur Einbeziehung von Schülervorstellungen im Unterricht. Die erste davon ist in der fachdidaktischen Forschung allerdings bereits überwunden, da sie ein Gelichsetzen von Alltagsvorstellungen mit „Fehlvorstellungen“ voraussetzt. Sie besagt, dass vorunterrichtliche Vorstellungen durch eine möglichst intensive Beschäftigung mit den fachlich „korrekten“ Inhalten, komplett korrigiert werden können (S. 7).

Sobald das Interesse besteht, Schülervorstellungen für eine verbesserte Vermittlung des Unterrichtsinhaltes zu benutzen, besteht die zweite Herangehensweise, welche die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler als Ausgangspunkt benutzt. Allerdings wird nicht an dieser Stelle angehalten, sondern so schnell wie möglich zu der angestrebten fachlichen Erklärung übergegangen, da „man auf die Kraft des von den Alltagsvorstellungen wegführenden fachlichen Lernens baut“ (Kattmann, 2003, S. 7).

Die letzte Variante geht aus der Erfahrung hervor, dass Schülervorstellungen stark verankert und schwer zu verändern sein können, und ist somit im Einklang mit den Einstellungen anderer fachdidaktischen Forscher (vgl. Duit, 2002; Häußler et al., 1998). Hierbei stehen die vorunterrichtlichen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler im Mittelpunkt des Unterrichts. Durch eine theoriegeleitete Nutzung der Vorstellungen sollen sie Grundlage und Mittel zugleich sein und das fachliche Lernen fördern (Kattmann, 2003, S.7).

Dieser Ansatz geht Hand in Hand mit der Annahme, dass es durch Unterricht gar nicht möglich ist, Schülervorstellungen komplett zu korrigieren, bzw. zu ersetzen. Wie die fachdidaktische Forschung gezeigt hat, kann dies vollständig nicht einmal mit intensiven Bemühungen geschehen (Häußler et al., 1998, S. 182). Grund dafür ist die Tatsache, dass die Vorstellungen in Alltagssituationen wiederholt zufriedenstellende Erklärungen bieten und eine Verständigung mit naturwissenschaftlichen Laien durchaus ermöglichen. Nichtsdestotrotz sollte die Rolle des Unterrichts nicht unterschätzt werden. Dieser kann besonders erfolgreich sein, wenn die Schülervorstellungen bewusst berücksichtigt werden (ebd., S. 182). Dafür sollte auf eine direkte Konfrontation und aktive Auseinandersetzung der Schülerinnen und Schüler mit ihren Alltagsvorstellungen gezielt werden. Solange es Absicht des Unterrichts ist, „den Schülerinnen und Schülern verständlich zu machen, dass in bestimmten Situationen und für bestimmte Zwecke die naturwissenschaftlichen Vorstellungen fruchtbarer sind als die Alltagsvorstellungen“ (ebd., S. 182), kann man von einer guten Zielsetzung sprechen. Dabei scheint auch nicht entscheidend zu sein, nach welcher Methode dies erreicht wird (Guzetti, Snyder, Glass & Gamas, 1993, zitiert nach Häußler et al., 1998, S. 182).

Laut Niedderer (1988, zitiert nach Duit, 2002, S. 10) ist jedoch ausschlaggebend, dass Schülervorstellung nicht erst bei der Unterrichtsdurchführung ihren Platz haben, sondern direkt in die Unterrichtsplanung mit einbezogen werden. Das ist aus dem

Grund notwendig, dass beim Lernen nie nur rationale Aspekte beteiligt sind, sondern immer auch affektive. Aus dem Grund ist eine geplante „Überzeugung“ von Seiten der Lehrkraft gefragt, damit die neuen Vorstellungen für die Schülerinnen und Schüler mindestens genauso fruchtbar und einleuchtend sind wie die alten (Duit, 2002, S. 10). Dies kann ein langwieriger Prozess sein, da Schülerinnen und Schüler oft den neuen Erklärungen nicht glauben, selbst wenn sie sie verstanden haben (Jung, 1993, zitiert nach Duit, 2002, S. 10).

Somit muss beim Lernen in den Naturwissenschaften darauf gezielt werden, dass bei den Schülern ein Konzeptwechsel von den Alltagsvorstellungen zu den neuen, angestrebten Vorstellungen stattfindet. Dieser Konzeptwechsel ist allerdings nicht als ein „Austauschen“ von Alltagsvorstellungen durch fachlich angemessene Vorstellungen zu verstehen. Vielmehr wird dabei die Kompetenz angestrebt, die nach konstruktivistischer Sichtweise den Lernenden erlaubt, situationsabhängig unter mehreren Vorstellungen die passendste auszuwählen (Schmidt & Parchmann, 2011, S. 16). Laut Posner et al. (1982, zitiert nach Duit, 2002) kann ein Konzeptwechsel unter folgenden vier Voraussetzungen geschehen:

- Die Lernenden müssen mit den bereits vorhandenen Vorstellungen unzufrieden sein.
- Die neue Vorstellung muss logisch verständlich sein.
- Sie muss einleuchtend, also intuitiv plausibel, sein.
- Sie muss fruchtbar, d. h. in neuen Situationen erfolgreich sein. (S. 11)

Außerdem ist zu beachten, dass der Übergang von früherer zu neuer Vorstellung auf eine möglichst „bruchlose“ Art und Weise stattfindet, die es erlaubt die Schülerinnen und Schüler Schritt für Schritt an die wissenschaftliche Vorstellung heranzuführen. Dabei ist ausschlaggebend, dass die Lehrperson nicht nur über vorhandene Schülervorstellungen zu den entsprechenden Themen informiert ist, sondern auch über mögliche Vorstellungen zum Prozess des Lernens oder der Natur der Physik (Duit, 2002, S. 11ff). Ist dies gegeben, können durch gezieltes Anknüpfen an vorhandene Alltagsvorstellungen, diese umgedeutet werden. Ein Beispiel hierfür wäre, dass die Vorstellung von elektrischen Geräten, die „Strom verbrauchen“ verändert wird in eine, die besagt, dass Energie verbraucht wird (ebd., S. 13).

Einen etwas anderen Weg geht die Methode, die versucht einen kognitiven Konflikt in den Schülern zu erzeugen, indem sie auf direkte Weise mit den Aspekten konfrontiert werden, die ihren Vorstellungen widersprechen (ebd., S. 13). Die von Driver (1989) entwickelte konstruktivistische Strategie, Unterricht an Schülervorstellungen orientiert zu planen und zu gestalten, ist danach ausgerichtet. Sie dient gewissermaßen noch immer als Musterbeispiel für eine Unterrichtsstrategie dieser Art (vgl. Häußler et al., 1998, S. 215; Schmidt & Parchmann, 2011, S. 16) und kann wie folgt skizziert werden:

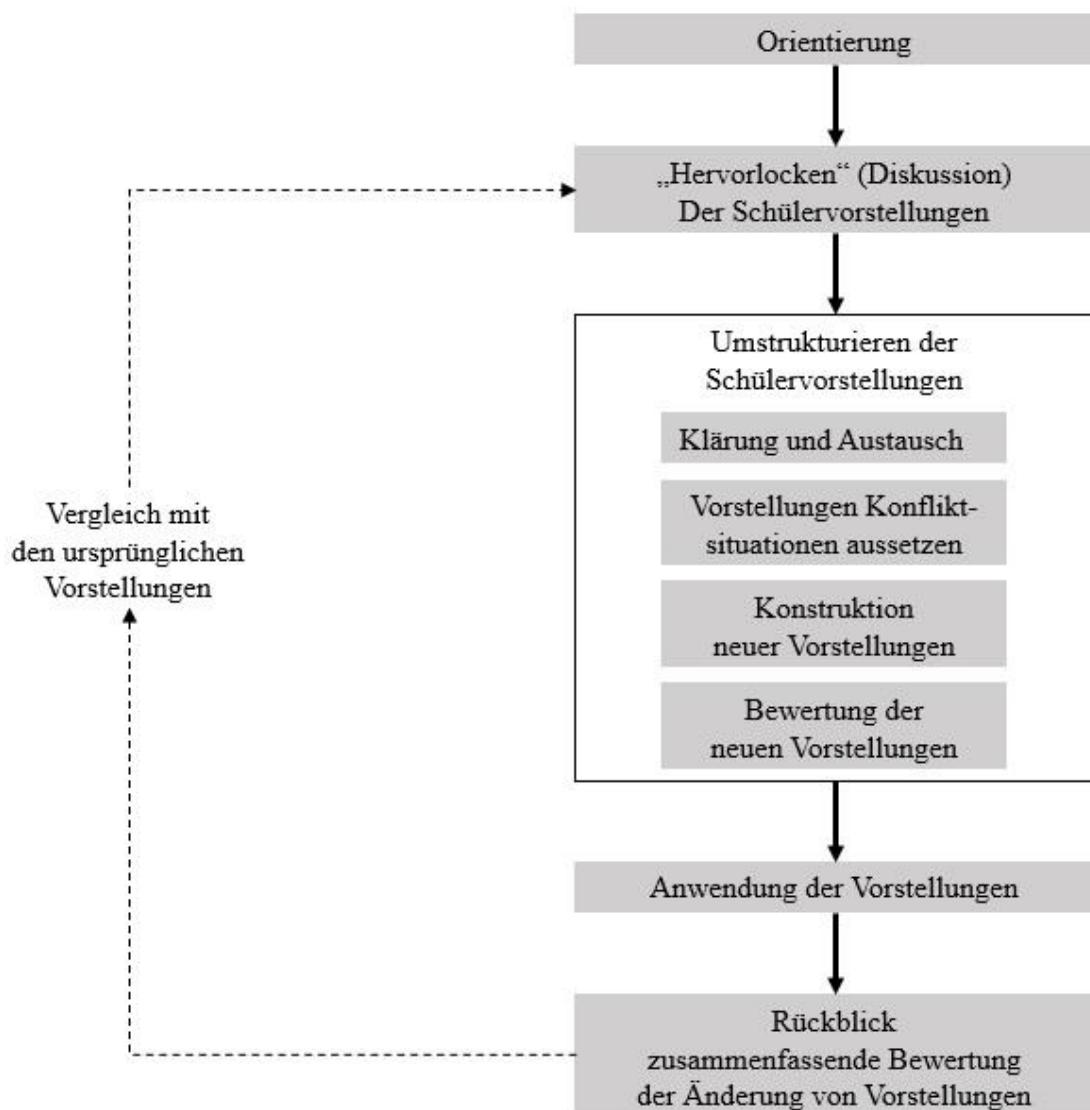


Abbildung 1: Die Phasen der konstruktivistischen Unterrichtsstrategie von Driver (1989). (eigene Darstellung nach Duit, 1993, S. 9)

Bei dieser Strategie ist der kognitive Konflikt ein zentrales Hilfsmittel. Deshalb muss der thematische Gegenstand auch dafür geeignet sein, zu einem solchen zu führen. Das

ist jedoch aus Sicht der Praxis nicht immer der Fall (Schmidt & Parchmann, 2011, S. 16).

Doch auch wenn gezeigt wurde, dass kognitive Konflikte zu einer gesteigerten Lernmotivation führen können (Kircher, 2015, S. 171), muss beachtet werden, dass die Schülerinnen und Schüler unter Umständen nicht den von der Lehrperson erwarteten Effekt wahrnehmen (Duit, 2002, S. 14). Außerdem sollte von einer zu häufigen Verwendung von kognitiven Konflikten im Unterricht abgesehen werden, damit sich diese nicht negativ auf das Selbstkonzept der Schülerinnen und Schüler auswirken (Schmidt & Parchmann, 2011, S. 16).

Für Vorstellungen die nicht direkt als lernbehindernd eingestuft werden gibt es als Alternative den Ansatz, diese mit anderen Vorstellungen zu verknüpfen. Das soll die Kompetenz der Schülerinnen und Schüler entwickeln und verstärken, situationsbezogen das richtige Erklärungskonzept anzuwenden (ebd., S. 16).

Unabhängig davon, inwieweit und durch welchen Ansatz vorunterrichtliche Vorstellungen mit einbezogen werden, kann man doch erkennen, durch welche Merkmale sich diese Art von Unterricht auszeichnen sollte (Schmidt & Parchmann, 2011, S. 16; Häußler et al., 1998, S. 199f; Wiesner et al., 2015, S. 34):

- Schülervorstellungen werden grundsätzlich ernst genommen, auch wenn sie widersprüchlich erscheinen mögen, da sie doch eine gewisse innere Logik besitzen.
- Es wird eine aktive Auseinandersetzung mit den Vorstellungen der Lernenden ermöglicht.
- Die Anknüpfung an die Vorstellungen stellt einen wesentlichen Teil des Unterrichts dar.
- Das Konfrontieren und Analysieren mit den Vorstellungen hat eine zentrale Funktion für die Einführung der wissenschaftlichen Ansichtsweise.
- Es wird die Reflexion über das eigene Wissen angeregt, sowie metakonzeptuelles Lernen betont.

2.3 Physikunterricht und Thermodynamik

Um entscheidende Aussagen über Schülervorstellungen zu Ausdehnung bei Erwärmung machen zu können, muss zuerst der Bezugsrahmen des Themenbereiches festgelegt werden. Deshalb werden in diesem Kapitel sowohl die wesentlichen Begriffe der Thermodynamik vorgestellt, als auch der Bezug zum Physikunterricht hergestellt. Dafür werden einige Unterrichtskonzepte im Bereich der Wärmelehre vorgestellt, die in maßgeblichem Sinne Schülervorstellungen mit einbeziehen. Da jedoch in Bezug auf Schülervorstellungen das Modelldenken von wesentlicher Bedeutung ist, werden zu Beginn dessen wesentliche Eigenschaften erläutert.

2.3.1 Modelle im Physikunterricht

Modelle sind von tragender Bedeutung, nicht nur im naturwissenschaftlichen Schulalltag, sondern auch im wissenschaftlichen Bereich und sogar im alltäglichen Leben (Mikelskis-Seifert & Kasper, 2011, S. 4). Je nach Anwendungsgebiet besitzen sie unterschiedliche Definitionen. Aus dem Alltag sind vor allem die gegenständlichen Modelle wie Spielzeugautos oder Eisenbahnen bekannt, welche eine Vereinfachung und Idealisierung des Originals darstellen. Modelle haben jedoch beim Forschen in der Physik zusätzlich die Rolle, bei der Interpretation von Zusammenhängen zwischen theoretischen Annahmen und Beobachtungen zu helfen (ebd., S. 5).

In diesem Sinne soll der Physikunterricht auch dazu dienen, den Schülerinnen und Schülern die Modellhaftigkeit der Physik nahezubringen (Mikelskis-Seifert & Leisner-Bodenthin, 2010, S. 15). Zusätzlich dazu, ist aus dem Unterricht das Arbeiten mit Modellen nicht wegzudenken. Selbst ein Blick in die Kerncurricula zeigt, dass schon zu Beginn des naturwissenschaftlichen Unterrichts die Einführung eines adäquaten Modelldenkens einen hohen Stellenwert haben soll (vgl. Kerncurriculum Physik Hessen, 2015, S. 20ff; Kerncurriculum Chemie Hessen, 2015 S. 22ff; Mikelskis-Seifert & Leisner-Bodenthin, 2010, S. 15). Arbeitet man im Biologieunterricht anfangs mit einfachen Blütenmodellen und im Chemieunterricht mit Anschauungsmodellen zu Molekülen oder Kristallstrukturen, wird im Physikunterricht schon früh mit Modellen magnetischer Felder gearbeitet, oder später mit den Modellen des Lichtes (Mikelskis-Seifert & Kasper, 2011, S. 5). Diese Beispiele verdeutlichen, dass Modelle nicht nur in verschiedenen Gebieten eingesetzt

werden, sondern auch unterschiedliche Merkmale besitzen und folglich auch differenziert mit ihnen gearbeitet werden muss.

In der Physikdidaktik unterscheidet Kircher (1995) zwischen zwei Arten von Modellen: gegenständliche, oder „Sachmodelle“ und theoretische Modelle (S. 92f), wobei in den theoretischen Modellen Hypothesen, Erklärungen, Theorien, sowie Vorstellungen enthalten sind (Kircher, 1995, zitiert nach Mikelskis-Seifert & Kasper, 2011, S. 9). Folglich können hier sowohl die theoretischen Modelle im engeren Sinn dazugezählt werden, wie beispielsweise das Teilchenmodell, als auch die Schülervorstellungen zu diesem Modell (Mikelskis-Seifert & Kasper, 2011, S. 9).

Diese Vielschichtigkeit der Modelldefinitionen im Physikunterricht, zusammen mit den Bedeutungen, die der Begriff im Alltag trägt, führen sehr häufig zu Fehlvorstellungen bei Schülern. Am deutlichsten wird das bei den Erklärungsversuchen von physikalischen Phänomenen oder Vorgängen, die von einer unangemessenen Vermischung von Realitäts- und Modellebene geprägt sind (Mikelskis-Seifert & Leisner-Bodenthin, 2010, S. 16).

Beim Beispiel des Teilchenmodells macht sich dies dadurch erkenntlich, dass den Teilchen makroskopische Eigenschaften, wie Farbe, Temperatur oder die Eigenschaft sich zu vergrößern zugeordnet werden (vgl. ebd., S. 16; Duit, 1986, S. 33). Ursache dafür ist die „unklare Trennung oder Verbindung der verschiedenen Betrachtungs- und Erklärungsebenen“ (Schmidt & Parchmann, 2011, S. 17). Um diesen Sachverhalt zu visualisieren, benutzen Schmidt & Parchmann (2011) das „Johnstone-Dreieck“, welches die Erklärungsebenen und die damit verbundenen Einflussfaktoren verdeutlicht:

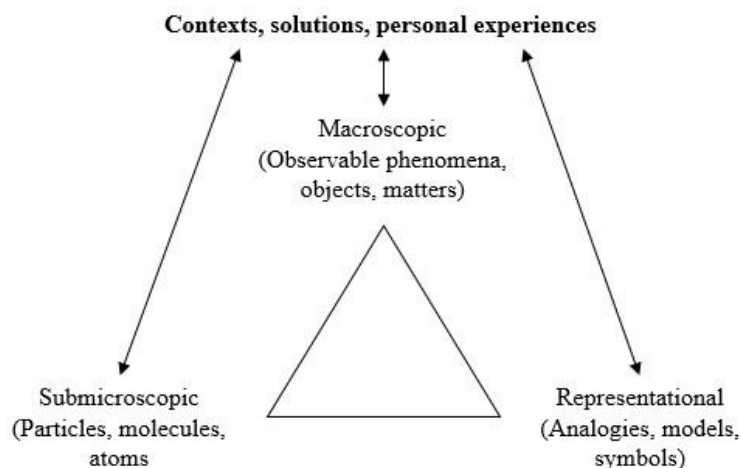


Abbildung 2: „Johnstone-Dreieck“ (eigene Darstellung nach Schmidt & Parchmann, 2011, S. 16)

Vorstellungen zum Aufbau der Materie ist in vielen physikalischen Phänomenen von Bedeutung, auch bei der Ausdehnung bei Erwärmung. Um eine Vermischung der Deutungsebenen zu verhindern und den daraus folgenden Fehlvorstellungen vorzubeugen, raten Fachdidaktiker zu einem reflektierten Umgang mit Modellen im Unterricht (Mikelskis-Seifert & Leisner-Bodenthin, 2010, S. 18). Dies kann durch den Ansatz „Lernen über Modelle“ (ebd., S. 19ff) erreicht werden. Dieses Unterrichtsmodell strebt an, die Schülerinnen und Schüler bei ihren Modell- und Alltagsvorstellungen frühzeitig abzuholen, und durch Metadiskussionen zu einem Arbeiten mit und über die Natur der Modelle anzuregen (ebd., S. 19). Das Ziel ist dabei unter anderem, dass die Schülerinnen und Schüler letztendlich in der Lage sind adäquat zwischen realen Phänomenen und der Modellwelt zu unterscheiden (ebd., S. 20). Das kann schließlich auch Fehlvorstellungen vorbeugen, die aus der Vermischung der zwei Ebenen entstehen würden.

2.3.2 „Wärme“ im Alltag und im Physikunterricht

Der Begriff „Wärme“ ist aus dem Alltag gut bekannt. Oft wird er dafür benutzt, den Zustand eines Körpers oder einer Gegend mit erhöhter Temperatur zu beschreiben, beispielsweise mit der Formulierung „Fahren Sie mit uns in die Wärme“ (Duit, 2002, S. 16). Andererseits steht er auch für den Prozess, dass sich etwas „erwärmt“ bzw. „abkühlt“. Ein grundsätzliches Verständnis scheint bei jedem dafür vorhanden zu sein, dass sich Dinge von alleine abkühlen aber nicht von alleine erwärmen. Zusätzlich ist die Vorstellung, dass Wärme von einem Gegenstand mit höherer Temperatur zu einem kälteren fließt, auch vertreten, in der Physik würde das mit dem Begriff „Energie“ gleichgesetzt werden (Duit, 2010, S. 4).

Diese undifferenzierten Vorstellungen wurden die letzten zwei Jahrzehnte genauer analysiert und durch vielfältige Erhebungen konkretisiert. Es existiert deshalb ein recht umfangreicher Katalog für die Schülervorstellungen zu den wichtigsten Themen der Wärmelehre (vgl. Fritzsche & Duit, 1999; Duit, 2010). Wenn man sich jedoch den Stellenwert des Themas Wärmelehre und insbesondere des Aufbaus und Verhaltens der Materie bei Temperaturänderungen im Curriculum Physik anschaut, bemerkt man, dass zumindest in Hessen diesem eine vergleichsweise untergeordnete Bedeutung geschenkt wird (Kerncurriculum Physik Hessen, 2015, S. 24ff). Ein Blick in das Curriculum für den Chemieunterricht verrät allerdings, dass vor allem die

Stoffeigenschaften und deren Beziehung zum Teilchenmodell schon für den Beginn des Unterrichts vorgeschlagen werden (Kerncurriculum Chemie Hessen, 2015, S. 22f). Ausgehend davon kann der Weg für eine kontinuierliche und schrittweise Bearbeitung der Grundbegriffe der Wärmelehre begonnen werden, um schließlich Wärmeerscheinungen aus physikalisch korrekter Sichtweise beschreiben zu können.

Für Schülerinnen und Schüler kann dies ein schwieriger Prozess sein, insbesondere aus dem Grund, dass nicht nur in der Alltagssprache, sondern auch in der Physik Begriffe wie „Wärme“ und „Energie“ mehrfach besetzt sind (Duit, 2010, S. 5). „Energie“ beispielsweise, beschreibt aus physikalischer Sicht einerseits die „Wärmeenergie“, die wegen Temperaturdifferenzen von einem Körper zu einem anderen fließt und oft auch schlicht „Wärme“ genannt wird. Andererseits wird damit auch die innere Energie eines Körpers bezeichnet, welche sich aus mehreren Teilen zusammensetzen kann (ebd., S. 5). Auch kann die Unterscheidung zwischen „Temperatur“ und „Energie“ zu Verständnisschwierigkeiten führen (ebd., S. 5). Der eine Begriff steht nämlich für eine intensive Größe, das heißt ihr Wert verändert sich nicht bei einer Zusammenführung zweier Systeme mit dem gleichen Wert. Extensive Größen, in diesem Fall die Energie, addieren sich jedoch bei solch einer Prozedur (ebd., S. 4). Hinzu kommt der Grundbegriff der Entropie, welcher für die Irreversibilität des Naturgeschehens steht (ebd., S. 5).

Diese Grundbegriffe der Thermodynamik wurden aus historischer Perspektive in einem langwierigen Prozess ermittelt (ebd., 2010, S. 5), bis sie schließlich wie folgt differenziert werden konnten:

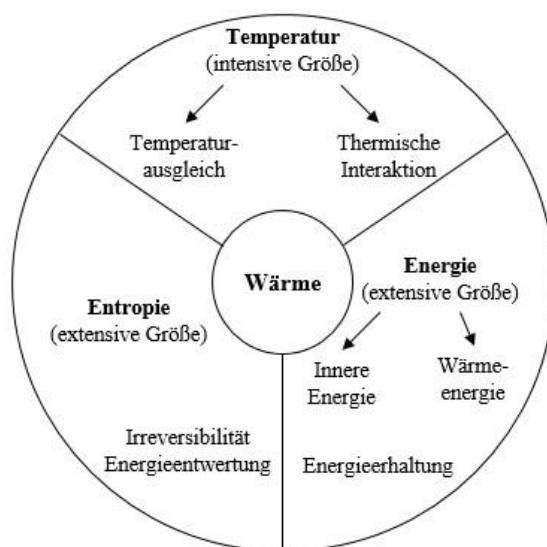


Abbildung 3: Grundbegriffe der Wärmelehre (eigene Darstellung nach Duit, 2010, S. 5)

2.3.3 Schülervorstellungen zu Ausdehnung bei Erwärmung

Da Schülervorstellungen in den letzten zwei Jahrzehnten häufig im Mittelpunkt fachdidaktischer Forschung lagen (Duit, 2010, S. 5) wurden auch für den Bereich der Wärmelehre zahlreiche Erhebungen gemacht. Dabei erkennt man, dass die Quellen der Schülervorstellungen zu „Wärme“ einerseits von sinnlichen Erfahrungen mit Wärmephänomenen stammen und andererseits auch aus den Erfahrungen damit, wie im Alltag von diesen Phänomenen die Rede ist (ebd., S. 4). Die Vorstellungen, die mit diesen Erfahrungen in Beziehung stehen sind gut dokumentiert, auch wenn sie über die letzten Jahrzehnte hinweg größtenteils unverändert geblieben sind (vgl. Duit, 1986, S. 30ff; Duit, 2010, S. 6f).

Auch wenn sich Kinder im Grundschulalter üblicherweise mit Scheinerklärungen zufriedengeben, wenn es um die Interpretation von Versuchen zur Ausdehnung bei Erwärmung geht, so haben Kinder aus der Sekundarstufe I in der Regel keine Probleme damit. Sie deuten die Beobachtungen üblicherweise mit der Ausdehnung. Allerdings werden Modellvorstellungen, wie zum Beispiel das Teilchenmodell der Materie, selten für eine Erklärung herangezogen. Wenn das Teilchenmodell vorgeschlagen wird, haben die Kinder jedoch kein Problem damit, es anzunehmen. Nur werden ihm dann für gewöhnlich makroskopische Eigenschaften zugeschrieben. Eine gängige Deutung ist beispielsweise, dass sich die Teilchen selbst ausdehnen, wenn der Stoff erwärmt wird (Duit, 1986, S. 33).

Zusätzlich ist von Bedeutung, dass Schülerinnen und Schüler in dem Alter für gewöhnlich keine differenzierte Vorstellung zum Wärmebegriff haben (Duit, 2010, S. 5). Bei dem Phänomen des Wärmetransports wird ein Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung zwar gesehen, etwas Vermittelndes jedoch nicht (ebd., S. 6). Außerdem werden der Wärme oftmals Substanzeigenschaften zugeschrieben (Kasper, 2011, S. 32), oder extensive und intensive Eigenschaften vermischt (Duit, 2010, S. 5). Da diese Vorstellungen ausschlaggebend sind für die Deutung von Experimenten an denen die Ausdehnung bei Erwärmung beobachtet werden kann, haben sie indirekt auch einen Einfluss auf die Erklärungen der Schülerinnen und Schüler zur Ausdehnung der Materie.

2.3.4 Unterrichtsvorschläge zur Wärmelehre

Wie bereits gezeigt wurde, ist Unterricht, der gezielt Schülervorstellungen schon auf der Planungsebene mit einbezieht, essentiell, um den Lernenden die wissenschaftlichen Vorstellungen nachhaltig nahezubringen (Häußler et al., 1998, S. 186). Auch im Bereich der Wärmelehre existieren spezifische Vorschläge, wie Unterricht so gestaltet werden kann, um an die gängigsten Schülervorstellungen anzuknüpfen und sie zu berücksichtigen. Das soll dazu führen, dass naturwissenschaftliche Vorstellungen zu den Themen erfolgreich aufgebaut werden können. Die meisten Vorschläge beziehen sich jedoch nicht explizit auf Schülervorstellungen zu Ausdehnung bei Erwärmung.

Das Unterrichtskonzept von Kasper (2011) ist so konzipiert, in besonderem Maße an Schülervorstellungen zum Wärmebegriff anzuknüpfen. Dabei wird sich erhofft, dass die Lernenden nicht nur über fachliche Inhalte reflektieren, sondern auch ein Verständnis für die Natur des Wissenserwerbs in den Naturwissenschaften zu erhalten (S. 33).

Ausgehend von der altersübergreifenden Schülervorstellung, Wärme habe Substanz-Charakter (Sözbilir, 2003, zitiert nach Kasper, 2011, S. 32), baut der Unterrichtsvorschlag darauf auf, einen schrittweisen Vergleich mit der Geschichte des Wärmebegriffes herzustellen. Passend dazu können viele Parallelen zu der naturwissenschaftlichen Forschungsgeschichte im Bereich der Thermodynamik gezogen werden. Ausschlaggebend ist die Tatsache, dass am Anfang der Forschung in dem Bereich ein Modelldenken vorhanden war, das ebenfalls auf die Vorstellung „Wärme als Substanz“ zurückgeführt werden kann (Kasper, 2011, S. 32). Die Bearbeitung, Überprüfung und Analyse dieser Vorstellungen führte nach einem langen Prozess der Konzeptwechsel schließlich zu den uns heute bekannten Modellen für die Erklärung des Wärmebegriffs (ebd., S. 32).

Der vorgeschlagene Unterricht bezieht sich auf diese geschichtlichen Vorstellungen, indem er eine zeitliche Reise nachzuahmen versucht. Mit der Hilfe von Zitaten, Erläuterungen, Erzählungen und passenden Experimenten werden die verschiedenen Modellvorstellungen zum Wärmebegriff behandelt. Somit sollen die Lernenden an die Grenzen der Modellvorstellung „Wärme als Substanz“ gebracht werden und dazu ermutigt werden, ebenfalls durch einen Konzeptwechsel zu aus physikalischer Sicht immer sinnvolleren Vorstellungen zu Wärmeerscheinungen zu gelangen. Zusätzlich

dazu, soll dieses Unterrichtskonzept die Lernenden für die Arbeit mit Modellen im naturwissenschaftlichen Unterricht sensibilisieren (Kasper, 2011, 32f).

Anzumerken ist jedoch, dass Kasper (2011) mit seinem Unterrichtskonzept zwar vorsieht an die Schülervorstellung „Wärme als Substanz“ anzuknüpfen, damit allerdings weitaus mehr verbunden ist. Da verschiedene Modelle behandelt werden, sind auch zahlreiche Phänomene und Vorstellungen damit verknüpft. Ein Beispiel dafür ist das Phänomen der Ausdehnung der Materie bei Erwärmung, was im Zuge des Unterrichtskonzepts auch angesprochen wird (S. 33). Außerdem ist nicht garantiert, dass die Schülerinnen und Schüler die Deutungen und Erklärungen ohne weiteres annehmen, selbst wenn die Erklärungen scheinbar eindeutig aus den Experimenten hervorgehen. Um die neuen Sichtweisen zu festigen, ist deshalb eine Wiederholung der Vorstellungen an vielen Beispielen nötig (Fritzsche & Duit, 2000, S. 25).

Davon geht auch das Unterrichtskonzept von Duit (2010) aus, welches als Ziel hat eine Einführung in die Wärmelehre zu bieten, welche maßgeblich an Schülervorstellungen orientiert ist und versucht diese in die physikalisch angebrachte Richtung zu lenken. Dafür wird eine schrittweise Behandlung der Grundprinzipien der Wärmelehre vorgeschlagen. Aufbauend auf das Prinzip des Temperatenausgleichs folgt die Erarbeitung eines Verständnisses für das menschliche Temperaturempfinden und den Wärmesinn. Im Mittelpunkt stehen hierbei einfache Experimente und zahlreiche Beispiele die zu dem Verständnis führen sollen, dass Gegenstände mit derselben Temperatur sich unterschiedlich warm anfühlen können. Durch weitere Experimente die zeigen, dass ein Gegenstand sich immer „auf Kosten“ der Abkühlung eines anderen Gegenstandes erwärmt, kommt man schließlich zu einem Verständnis des Prinzips der thermischen Interaktion. Mithilfe dieses Verständnisses kann schließlich der Begriff „Energie“ eingeführt werden, welche immer nur in der vorgegebenen Richtung vom Warmen zum Kalten fließt. Dies kann als erster Schritt zu einem Verständnis der Irreversibilität gesehen werden (S. 6f).

Diese aufeinander aufbauenden Schritte zu einem grundlegenden Verständnis der Wärmelehre mögen nachvollziehbar erscheinen. Trotzdem kann nicht im vornherein davon ausgegangen werden, dass vorherige Schülervorstellungen damit „überwunden“ werden. Es ist sogar zu erwarten, dass die Lernenden immer wieder auf frühere Vorstellungen zurückfallen. Duit (2010) argumentiert jedoch, dass dieser

Ansatz von Vorteil ist, da sich die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler dennoch „langsam in die beabsichtigte Richtung entwickeln“ (S. 7).

Damit wird die Tatsache verdeutlicht, dass von Unterrichtsvorschlägen, die Schülervorstellungen beachten oder sogar in den Mittelpunkt stellen, nicht „Wunder“ in Bezug auf Konzeptveränderungen bei den Lernenden erwartet werden können (Häußler et al., 1998, S. 198). Warum es sich trotzdem lohnt, auf Schülervorstellungen explizit einzugehen, ist neben den direkt angezielten Lernerfolgen auch die Tatsache, dass damit ein Verständnis zur Natur der Naturwissenschaften sowie eine Reflexion über das Benutzen von Modellen im Physikunterricht einhergehen kann (Kasper, 2011, S. 33).

Grundsätzlich ist jedoch zu beachten, dass genug „Zeit und Geduld für ständige ‚spiralförmige‘ Bemühungen, das Verständnis Schritt für Schritt zu entwickeln“ (Häußler et al., 1998, S. 199) angewandt wird. Schließlich entwickelt sich ein tieferes Verständnis der naturwissenschaftlichen Grundideen nur in mehreren Anläufen (ebd., S. 199).

2.4 Naturwissenschaftsdidaktische Forschung

Das Forschen ist nicht nur in den Naturwissenschaften von essentieller Bedeutung, sondern auch in deren Didaktiken. Selbst wenn bis in die 1990er Jahre hinein kein allgemeiner Konsens zu der Fachdidaktik als eigenständige forschungsbasierte Wissenschaft bestand, hat seit den letzten 20 Jahren die forschende Fachdidaktik ein eigenes Profil entwickeln können (Schecker, Parchmann & Krüger, 2014, S. 2).

Dass bei dieser didaktischen Arbeit auch nicht nur die fachliche Klärung der Inhalte von Bedeutung ist, verdeutlicht das Modell der didaktischen Rekonstruktion von Kattmann, Duit, Gropengießer und Komorek (1997), welches auf Basis der konstruktivistischen Lerntheorie aufgebaut ist. Das Ziel des Modells ist, die drei wichtigsten Bestimmungsstücke naturwissenschaftlichen Unterrichts in eine Balance zu bringen: „Hermeneutisch-analytische Forschung zur fachlichen Klärung wird eng verbunden mit empirischen Untersuchungen an Schülerperspektiven (z. Z. insbesondere zu ihren vorunterrichtlichen Vorstellungen und Lernprozessen) und mit der Konstruktion von Unterricht“ (Kattmann et al., 1997, S. 3).

Der Begriff „Didaktische Rekonstruktion“ bezieht sich darauf, dass der fachliche Wissenschaftsbereich keine für den Schulunterricht zugeschnittenen Inhalte bietet, sondern diese erst in „pädagogischer Zielsetzung [...] hergestellt, d. h. didaktisch rekonstruiert werden“ müssen (Kattmann et al., 1997, S. 4). Um diese erarbeiteten Inhalte weiterführend zu benutzen und in Unterrichtsgegenstände zu verwandeln, ist ein „Rückbezug auf die verfügbaren Schülervorstellungen“ nötig (ebd., S. 4). Dieses Beziehungsgefüge lässt sich folgendermaßen darstellen:

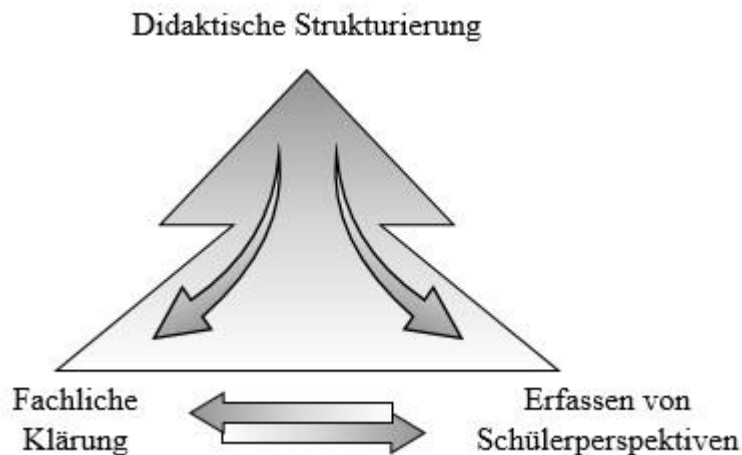


Abbildung 4: Fachdidaktisches Triplet: Beziehungsgefüge der Teilaufgaben im Modell der Didaktischen Rekonstruktion (eigene Darstellung nach Kattmann et al., 1997, S. 4)

Die drei Aspekte des Gefüges werden dabei aus methodischer Sicht unterschiedlich erarbeitet. Während die fachliche Klärung durch hermeneutische Analyse und die didaktische Strukturierung durch konstruktive Erarbeitung erfolgt, wird die Erfassung der Schülervorstellungen durch passende empirische Methodik durchgeführt (Kattmann et al., 1997, S. 10).

Folglich ist die Erhebung von Schülervorstellungen ein wesentlicher Bestandteil der naturwissenschaftlichen Didaktik und ausschlaggebend für die Strukturierung des Unterrichts. Mit ihrer Hilfe kann die „Planung von Lernwegen für Schülerinnen und Schüler“ stattfinden und die fachlichen Darstellungen des Unterrichts angepasst werden (ebd., 1997, S. 5). Zu beachten ist dabei, dass innerhalb des Modells der Didaktischen Rekonstruktion das Erheben und die Arbeit mit Schülervorstellungen aus konstruktivistischer Sicht zu betrachten sind. Das bedeutet, dass sie als gleichwertig mit den fachlichen Konzepten behandelt werden sollen und es nicht gilt, sie durch „korrekte“ Ansichten zu ersetzen (ebd., S. 6).

2.4.1 Qualitative und quantitative Forschung

Forschung kann man als einen Zusammenhang zwischen Entdeckung und Verwertung verstehen: Einerseits werden neue Erkenntnisse gewonnen, andererseits ist das Ziel die Umsetzung dieser Erkenntnisse in der Praxis (Raithel, 2008, S. 7). Dabei unterscheidet man zwischen quantitativen Forschungsmethoden und qualitativen. Quantitativ bezieht sich darauf, dass komplexe Sachverhalte oder Daten aus der Erfahrungswelt auf das „Wesentliche“ reduziert werden und durch die Zuordnung zu numerischen Werten messbar gemacht und statistisch analysiert werden können (ebd., S. 7f). Qualitative Forschung kann als „näher“ an den untersuchten Phänomenen beschrieben werden, da sie nicht „‘messen’ und nicht erklären, sondern verstehen [will], was in ihrem jeweiligen Objektbereich geschieht“ (ebd., S. 8) und die Perspektiven des Untersuchungsgegenstandes im Mittelpunkt stehen (Flick, Kardoff & Steinke, 2012, S. 17).

Letztendlich zeichnet sich qualitative Forschung dadurch aus, dass sie im Gegensatz zu den standardisierten Methoden bei der Konzipierung der Erhebungsinstrumente, wie beispielsweise Fragebögen, keine feste Vorstellung über den untersuchten Gegenstand benötigt. Es kann stattdessen offen sein für „das Neue im Untersuchten, das Unbekannte im scheinbar Bekannten“ (Flick et al., 2012, S. 17). Für bestimmte Forschungsgegenstände und Fragestellungen lassen sich qualitative und quantitative Forschungsmethoden aber auch gut miteinander verbinden (Kelle & Erzberger, 2012, S. 299). Wenn zum Beispiel für die erste Erhebung von Schülervorstellungen zu einem neuen Themenbereich qualitative Methoden angebracht sind, kann anschließend die Aufkommenshäufigkeit dieser Vorstellungen unter einer größeren Stichprobenzahl standardisiert ermittelt werden. Letztendlich sollte jedoch eine Forschungsmethode jeweils nur „mit Blick auf die jeweilige Fragestellung und den Forschungsstand gewählt werden“ (Niebert & Gropengießer, 2014, S.123).

2.4.2 Das Leitfadeninterview

Qualitative Interviews können auf verschiedene Weise durchgeführt werden, besonders häufig wird jedoch das Leitfadeninterview verwendet (Hopf, 2012, S. 351). Es zeichnet sich durch seine Offenheit aus und ist deshalb vor allem für die Rekonstruktion von alltäglichem oder wissenschaftlichem Wissen geeignet. Der Leitfaden sorgt dabei für eine vom Interviewer eingebrachte Struktur. Ohne diese,

kann die Offenheit der Interviews dazu verleiten, das Gespräch zu sehr in eine Richtung zu steuern und im Extremfall die eigenen Vorstellungen oder Interessen zu erheben, statt die der interviewten Person (Niebert & Gropengießer, 2014, S. 121f). Trotzdem sollte der Leitfaden des Interviews stets mit der Absicht entwickelt werden, den Gesprächsfluss nicht einzuengen, sondern lediglich in die gewünschte Richtung zu orientieren (ebd., S. 125). Daraus resultieren dann viele Spielräume in den Nachfragestrategien, Reihenfolge der Fragen oder genauen Frageformulierungen (Hopf, 2012, S. 351).

Je nachdem um welche Forschungsfrage oder Forschungsgegenstand es sich handelt, können einige Leitfadeninterviews dennoch eine stärkere Strukturierung verlangen als andere. Wenn beispielsweise das Erfassen von Bewertungen und Urteilen der Fokus sind, ist eine festgelegte Reihenfolge von Fragen vorteilhaft. Die Erhebung von alltäglichen oder wissenschaftlichen Vorstellungen, Emotionen oder Interessen verlangt jedoch eine flexiblere Durchführung der Interviewsituation (Niebert & Gropengießer, 2014, S. 125).

Für die Auswertung der Leitfadeninterviews gibt es ebenfalls mehrere Methoden (Krüger & Riemeier, 2014, S. 133f). Grundsätzlich wird jedoch eine Auseinandersetzung mit dem erhobenen Material vorgenommen. Diese Daten können in der Regel nicht mithilfe von vorgefertigten Themenkatalogen interpretiert werden, da die Fragetechniken der Interviews sehr offen und unvorhersehbar sind (Schmidt, 2012, S. 447). Eine Auswertungsmethode ist somit die qualitative Inhaltsanalyse. Ursprünglich aus den Kommunikationswissenschaften stammend, wurde sie für die „systematische Bearbeitung von Kommunikationsmaterial“ aus Massenmedien verwendet (Mayring, 2012, S. 468). Inzwischen beansprucht sie allerdings „in den unterschiedlichsten Wissenschaftsbereichen dienen zu können“ (ebd., S. 469), unter anderem auch in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung (Krüger & Riemeier, 2014, S. 133ff). Sie zeichnet sich dadurch aus, dass sie durch ihr regelgeleitetes Verfahren die Auswertung von Interviewdaten ermöglicht, beispielsweise mit dem Ziel, individuelle Vorstellungen zu einem Thema oder bestimmten Aspekt zu rekonstruieren (ebd., S. 133). Ihr methodisch kontrolliertes und regelgeleitetes Vorgehen erlaubt dabei eine bessere Anwendung qualitativer Gütekriterien. Neben einer inhaltlichen Triangulation, bei welcher gleiche oder ähnliche Aspekte bei der Interviewdurchführung und Auswertung durch unterschiedliche Herangehensweisen

erhoben werden, kann die Verfahrensdokumentation und das schrittweise Vorgehen von einer unabhängigen Person überprüft und ergänzt werden (vgl. ebd., S. 135; Mayring, 2012, S. 474).

3 Die Erhebung

Im Fokus der Erhebung, die im Rahmen dieser Examensarbeit durchgeführt wurde, standen die vorunterrichtlichen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler zur Ausdehnung der Materie bei Erwärmung. Eingebettet in die Wärmelehre, wird das Thema der Ausdehnung im Physikunterricht schon früh behandelt. Nach Lehrplänen des Kultusministeriums Hessen, wird für den Gymnasialen Unterricht dies für die sechste (G8) bzw. siebte (G9) Jahrgangsstufe vorgeschlagen (vgl. Lehrplan Hessen G8, 2010, S. 6; Lehrplan Hessen G9, 2010, S. 5). Es wurden Schülerinnen und Schüler aus der 5. und 6. Jahrgangsstufe für die Interviews ausgewählt, die kurz vor der Behandlung dieses Themas im Unterricht standen. Idealerweise kann somit ein Bild geschaffen werden, welches den Stand der Vorstellungen widerspiegelt, kurz bevor das Thema in der Schule behandelt wird. Das wäre für die Konzipierung von Unterricht am hilfreichsten, da kaum Zeit für eine Veränderung der Vorstellungen bleibt.

3.1 Der Forschungsstand

Da Ausdehnung bei Erwärmung kein zentrales Thema der Physikdidaktik ist, zeigt der aktuelle Forschungsstand, dass dazu seit den letzten Erhebungen um 1986 herum, kaum neue Erkenntnisse gesammelt wurden (vgl. Duit, 1986, S. 33; Duit, 2010, S. 6f). Die erhobenen Vorstellungen beschränken sich auf Konzepte, die Wärme als eine Substanz sehen (Kasper, 2011, S. 32), sowie auf weitere Scheinerklärungen, wenn Ausdehnungseffekte beobachtet werden: Wärme führt dazu, dass Dinge generell nach oben steigen, oder dass Dampfblasen entstehen, die Flüssigkeiten nach oben treiben (Duit, 1986, S. 33). Außerdem wurde beobachtet, dass Schülerinnen und Schüler zur Erklärung der Ausdehnung von sich aus selten das Teilchenmodell oder Modellvorstellungen generell benutzen. Wenn diese jedoch als Erklärung angeboten wurden, nahmen die Schülerinnen und Schüler sie in der Regel an. Diese Ergebnisse beziehen sich allerdings fast ausschließlich auf Erhebungen die die Ausdehnung bei

Erwärmung von Wasser im Mittelpunkt hatten (ebd., S. 33). Interessant ist deshalb die Frage, ob sich diese Vorstellungen auch auf Phänomene der anderen Aggregatzustände übertragen lassen.

3.2 Fragestellung und Erhebungsmethode

Um anknüpfend an den letzten Forschungsstand zu Schülervorstellungen zu erheben, wurde eine qualitative Methode gewählt. Der Fokus lag somit nicht auf der Ermittlung der Häufigkeit bestimmter Vorstellungen sondern deren Qualität und Struktur. Den Hintergrund dafür bildet die Annahme, dass hinter den Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler bestimmte Konzepte und Denkfiguren liegen, deren Eigenschaften es herauszufinden gilt. Nach Gropengießer (2008) sind Konzepte Relationen zwischen zwei oder mehreren Begriffen, die in der gedanklichen Welt existieren. Durch ihre weitere Verbindung zu anderen Konzepten, Theorien und Begriffen bilden sie ganze Denkfiguren oder gedanklichen Gebäude, deren Eigenschaften mit Aussagen, Behauptungen oder Fachwörtern lediglich angedeutet werden können (S. 174f).

Dies ist im Einklang mit der Sichtweise von Kattmann et al. (1997) im Rahmen des Modells der Didaktischen Rekonstruktion. Sie betonen, dass es bei der für den Unterricht relevanten Erhebung von Schülervorstellungen nicht um „Quantitäten“ geht, sondern um die „Identifizierung bereichs- und themenspezifischer Denkweisen“, sowie dass Schülervorstellungen als in sich stimmige Konzepte angesehen werden müssen. Sie sollen somit nachvollziehbar und mit wissenschaftlichen Vorstellungen vergleichbar gemacht werden (S. 11f).

Folglich ist das Leitfadeninterview ein passendes Instrument zur Datenerhebung von Schülervorstellungen. In diesem Fall wurde die Interviewdurchführung jedoch verglichen mit den früheren (vgl. Duit, 1986, S. 33) erweitert: Nicht nur die Ausdehnung von Wasser bei Erwärmung soll im Mittelpunkt stehen, sondern auch die Phänomene und dazugehörigen Vorstellungen, die sich bei der Erwärmung von festen und gasförmigen Körpern beobachten lassen. Das Ziel war somit einerseits einen Vergleich zu dem aktuellen Forschungsstand zu ziehen. Andererseits sollte ermittelt werden, inwiefern die Erklärungen zur Ausdehnung bei Erwärmung von den Schülern auf unterschiedliche Situationen, insbesondere auf unterschiedliche Aggregatzustände, übertragen werden. Eine Orientierungshilfe waren dabei die

Fragen von Kattmann et al. (1997), die sie als typische Beispielfragen für die Erhebung zu Schülervorstellungen präsentieren: „Welche Vorstellungen haben Schülerinnen und Schüler zu einem bestimmten Thema? Stammen die Vorstellungen aus lebensweltlichen oder fachorientierten Kontexten? Welche unterschiedlichen Beobachtungen werden zentralen Fachwörtern zugewiesen?“ (S. 12). Um die Ausdehnung bei Erwärmung in den drei verschiedenen Aggregatzuständen beobachten zu können, wurden drei möglichst einfache und anschauliche Versuche gewählt, die im Rahmen der Interviewdurchführung gezeigt werden sollten.

3.3 Die Experimente

Für die Erhebung von Schülervorstellungen ist in diesem Fall eine phänomenologische Beschreibung des Sachverhalts ausreichend. Deshalb wurden Experimente für die Interviewsituation ausgewählt, die auch ohne genaue Messung oder wiederholte Durchführung die Ausdehnung bei Erwärmung beobachtbar machen. Für die Ausdehnung fester Körper wurde der Versuch „Metallkugel und Ring“ ausgewählt. Folgende Skizze stellt seinen Aufbau dar:

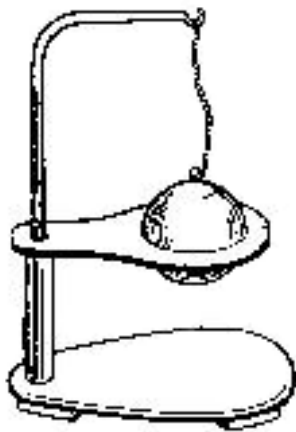


Abbildung 5: "Metallkugel und Ring" (eigene Darstellung nach Web¹)

Die massive Metallkugel ist durch eine Kette an der Konstruktion mit Metallring befestigt. Das erlaubt das einfache Demonstrieren, dass die Kugel bei Zimmertemperatur ohne Weiteres durch den Ring passt. Wird die Kugel nun mit einem Bunsenbrenner etwa eine halbe Minute lang erhitzt, kann sie auf den Ring gelegt werden, da sie in ihrem leicht ausgedehnten Zustand nicht mehr durchfällt. Den

¹ Verfügbar unter https://web.physik.rwth-aachen.de/~hebbeker/lectures/bilder_jpg/kugel_durch_ring.jpg [19.12.2017]

Versuch kann man in diesem Zustand stehenlassen und nach ein paar Minuten beobachten, wie die Kugel nach ausreichender Abkühlung wieder durch den Ring fällt.

Für das Beobachten der Ausdehnung von Flüssigkeiten wurde das gleiche Experiment wie auch in den vorangegangenen Untersuchungen zu Schülervorstellungen verwendet. Es ist auch unter dem Namen „Flüssigkeitsthermometer“ bekannt:

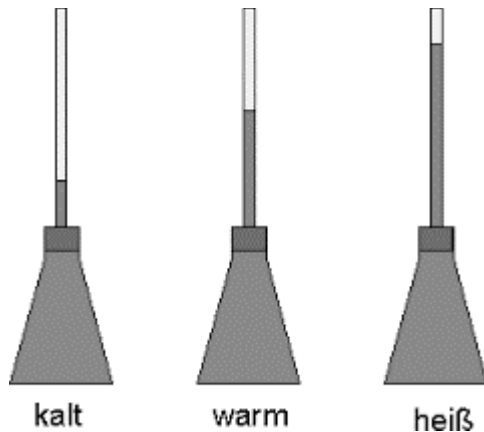


Abbildung 6: "Flüssigkeitsthermometer" (eigene Darstellung nach Web²)

Der Erlenmeyerkolben wird durch einen Gummipfropfen verschlossen. Durch diesen Pfropfen führt jedoch ein dünnes Glas- oder Plastikrohr in den Kolben und in die darin befindliche Flüssigkeit hinein. In dem Fall dieser Erhebung wurde ein Erlenmeyerkolben mit gefärbtem Wasser gewählt und in eine Schale mit heißem Wasser gestellt. Wird er auf diese Weise ausreichend erhitzt, lässt sich die Ausdehnung des Wassers an dem steigenden Pegel im Glasröhrchen beobachten.

Der letzte Versuch besteht im Wesentlichen aus einer leeren Glasflasche und einem Luftballon. Der Luftballon wird in unaufgeblasenem Zustand über den Flaschenhals der geöffneten Glasflasche gestülpt. Anschließend wird die Flasche in eine Schale gestellt oder gelegt, in der sich entweder bereits heißes Wasser befindet oder das heiße Wasser wird über die Flasche geschüttet. Da sich dank der Erwärmung die Luft in der Flasche ausdehnt, wird der Luftballon gut aufgeblasen. Anhand folgender Darstellung ist der Versuchsaufbau skizziert:

² Verfügbar unter http://www.brinkmann-du.de/physik/sek1/designer/des_0056.gif [19.12.2017]

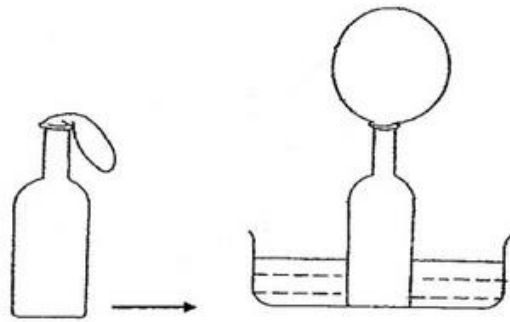


Abbildung 7: "Glasflasche und Luftballon" (eigene Darstellung nach Web³)

3.4 Die Interviewdurchführung

Interviewt wurden 5 Schülerinnen und 7 Schüler eines hessischen Gymnasiums aus der 5. und 6. Jahrgangsstufe. Somit ergab sich eine Altersspanne von 11 – 13 Jahre, wobei 13 mit einer Schülerin die Ausnahme war. Aus dem Schulunterricht war ihnen die Wärmelehre, die erst in der 7. Jahrgangsstufe ein Thema ist, noch nicht bekannt. Mit naturwissenschaftlichem Unterricht müssten die Schülerinnen und Schüler allerdings schon Erfahrungen gemacht haben, insbesondere in der 6. Jahrgangsstufe, da dann bereits mit dem Thema Magnetismus begonnen wird.

Die Interviews wurden in drei Blöcken an unterschiedlichen Tagen durchgeführt. Das erlaubte eine partielle erste Auswertung der Daten zwischen den Durchführungen und eine Optimierung der Interviews. Im Gegensatz zu den standardisierten Verfahren einer quantitativ-statistischen Erhebung, kann eine Veränderung und Verbesserung der Interviewsituation dazu führen, dass der gewünschte Untersuchungsgegenstand immer präziser erhoben wird (Krüger & Riemeier, 2014, S. 134).

Die Durchführung der Interviews fand jeweils am Nachmittag nach dem regulären Unterricht statt. Bevor jedoch Einzelinterviews durchgeführt wurden, wurde jedes Mal ein gemeinsamer Beginn mit den Schülerinnen und Schülern, die an dem Tag teilnahmen, gemacht. Dies gab Raum für eine persönliche Vorstellung und eine erste Erklärung des Ablaufs. Der Fokus lag dabei auf der Betonung der Tatsache, dass es zu den Fragen, die an dem Tag gestellt würden, keine richtigen oder falschen Antworten gebe, und dass lediglich die Vorstellungen und Auffassungen der Schülerinnen und

³ Verfügbar unter
http://oldschool.com.sg/module/PublicAccess/action/Wrapper/sid/1ae7eed744e6441bcc3e2d1bf8dce67a/qn_id/32688 [19.12.2017]

Schüler von Interesse wären. Außerdem konnte in diesem Rahmen darauf hingewiesen werden, dass die Aussagen nur für die Erstellung dieser Erhebung von Bedeutung sind und anonymisiert behandelt werden. Die beiden Experimente zur Ausdehnung fester und flüssiger Körper wurden anschließend durchgeführt. Dabei wurde zwar darauf geachtet, Fragen zum Aufbau der Versuche zu beantworten, damit die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit haben den Ablauf des Versuches nachvollziehen zu können. Erklärungsversuchen wurde jedoch kein Raum gegeben, um möglichst eine Beeinflussung der Vorstellungen anderer Schülerinnen oder Schüler zu vermeiden. Um genug Zeit für die Reflexion der Versuche zu haben, wurden anschließend Arbeitsblätter verteilt, die die Schülerinnen und Schüler in 10 bis 15 Minuten bearbeiten sollten. Die Arbeitsblätter bestanden aus drei Aufforderungen zu jedem der zwei Versuche (siehe Anhang, S. 3):

- Vor dem Erwärmen: Beschreibe, wie der Versuch aufgebaut war und was du beobachten konntest.
- Nach dem Erwärmen: Beschreibe, was du beobachtet hast, nachdem die Kugel erhitzt/während das Gefäß erwärmt wurde.
- Erkläre, warum du glaubst, dass das so passiert ist.

Die Antworten auf diese Aufgaben sollten in den anschließenden Einzelinterviews aufgegriffen und im Gespräch weiter bearbeitet werden. Nach einer Analyse der Arbeitsblätter des ersten Tages stellte sich jedoch heraus, dass die ersten zwei Aufgaben zu viel Bearbeitungszeit in Anspruch nahmen und folglich der dritten Aufgabe zu wenig Bedeutung geschenkt wurde. Da außerdem die oberflächlichen Beschreibungen zum Versuchsaufbau als nicht gewinnbringend genug gedeutet werden konnten, und in der dritten Aufgabe ohnehin häufig nicht nur Interpretationen, sondern auch Beobachtungen niedergeschrieben wurden, blieb die dritte Aufgabe fortan als einzig zu bearbeitende übrig.

Für die Interviews wurde, angelehnt an Niebert & Gropengießer (2014), eine Durchführungsart ausgewählt, die offen und doch auf die Beschreibung eines bestimmten Phänomens fokussiert ist. Reflexion über das Beobachtete und die eigenen Vorstellungen werden damit zugelassen, und der Freiraum ist vorhanden, die Reihenfolge der Interviewfragen zu variieren oder das Gespräch in eine allgemeinere Richtung zu lenken. Diese Art von Leitfadeninterview ist deshalb besonders für die Erhebung von Alltags- oder wissenschaftlichen Vorstellungen geeignet (S. 125).

Die Interviews nahmen in der Regel ca. 10 Minuten in Anspruch. Dabei wurde einerseits Bezug zu den bereits gezeigten Versuchen genommen und über die Antworten des Arbeitsblattes diskutiert. Andererseits wurde das dritte Experiment in den Mittelpunkt gerückt. Anders als bei dem in dieser Arbeit vorgestellten Skizze (siehe Abbildung 7), wurde die Flasche jedoch liegend in dem Gefäß positioniert, damit die Aufmerksamkeit nicht zu sehr auf dem Aspekt liegt, dass erwärmte Luft nach oben steigt. Da jedoch bei der Durchführung der ersten zwei Interviewblöcke die Flasche immer noch leicht schräg auf dem Rand des Gefäßes lag, konnte dies leider nicht vermieden werden. Für die Durchführung des dritten Interviewblocks wurde allerdings der Versuchsaufbau leicht geändert, damit die Flasche in komplett waagerechter Lage in dem heißen Wasser liegen konnte.

3.5 Der Interviewleitfaden

Da eine möglichst natürliche Gesprächssituation hergestellt werden soll, nimmt der Leitfaden eine unterstützende Rolle ein, die weder ablenken noch einschränken soll. Durch eine logische Struktur, nicht zu vielen Elementen und einer angemessenen Alltagssprache soll er dem Interviewer einen Überblick bieten und die Richtung des Gespräches lenken. Zu jeder Zeit muss allerdings die Möglichkeit bestehen, spontan auf die Äußerungen der Interviewteilnehmerinnen und -teilnehmer einzugehen. Somit ist der Interviewleitfaden Mittel und Hilfe, jedoch kein Selbstzweck (Niebert & Gropengießer, 2014, S. 126).

Da in der vorliegenden Erhebung die Ausdehnung der Materie im Mittelpunkt stehen sollte, bildeten die drei Versuche die Einleitung und Einstimmung in die Interviewsituation. Die Experimente mit der Kugel und mit dem Wasser stellten dabei den Einstieg dar, während der Versuch zur Ausdehnung der Luft unmittelbar im Interview gezeigt wurde. Es ergab sich ein Interviewleitfaden, der sich in mehrere Bereiche einteilen lässt (siehe Anhang, S. 1.). Strukturiert ist er nach Interventionen, erwarteten Vorstellungen und Bemerkungen. Die Interventionen stellen die Interaktionsvorschläge des Interviewers dar. Neben Fragen können sie auch aus Impulsen, Aufforderungen oder zu bearbeitenden Materialien bestehen (Niebert & Gropengießer, 2014, S. 126ff). Die erwarteten Vorstellungen setzen sich einerseits aus Vermutungen zu den Antwortmöglichkeiten zusammen und andererseits aus Schülervorstellungen die aus Ergebnissen früherer Untersuchungen stammen. Die

letzte Spalte ist dazu da, Bemerkungen aufzuweisen, die für die Interviewdurchführung relevant sind.

Im ersten Bereich des Leitfadens soll der Bezug zu den vorangegangenen 2 Versuchen hergestellt und eventuelle erste Vorstellungen zur Ausdehnung gesammelt werden:

Interventionen	Erwartete Vorstellungen	Bemerkungen
Erkläre mir bitte, was du auf deinem AB geschrieben hast.		Wenn nötig, bei einzelnen Aspekten nachhaken. (z.B. Erklärung des Phänomens (Teilchenmodell?))

Tabelle 1: Ausschnitt aus Interviewleitfaden (siehe Anhang, S. 1)

Die Intervention soll dazu führen, dass die Interviewteilnehmer und -teilnehmerinnen sich noch einmal die ersten Versuche ins Gedächtnis rufen, ihre formulierten Sätze verbal erläutern und zusätzliche Erklärungsvorschläge präsentieren können. Auf diese Weise kann in die Thematik der Ausdehnung bei Erwärmung eingestiegen werden und der Rahmen für den dritten Versuch geschaffen werden, der gleich darauf präsentiert wird. Danach fährt der Leitfaden folgendermaßen fort:

Interventionen	Erwartete Vorstellungen	Bemerkungen
Was konntest du beobachten?	Der Luftballon blies sich leicht auf.	Nur beschreiben lassen
Wieso glaubst du ist das so passiert?	Luft ist mehr geworden/hat sich „aufgebläht“	
Welche Rolle hat dabei das warme Wasser, in das wir die Flasche gestellt haben, gespielt?	Es hat die Flasche erwärmt	Aufmerksamkeit wird auf das Erwärmen gezogen. Evtl. nachhaken. Genauer erklären lassen.
Wie kann man sich vorstellen, was innendrin in diesem Luftballon/in dieser Flasche passiert ist?	Teilchenmodell?	Eingehen auf frühere Formulierungen + Nachhaken: Woraus besteht die Luft in der Flasche? (Teilchen einführen?)
Du hast kleine Teilchen erwähnt. Kannst du noch einmal erklären, was du damit meinst?		Nochmal erklären lassen/vertiefen
Was glaubst du passiert mit diesen Teilchen?	Makroskopische Eigenschaften der Teilchen	

Was machen sie, wenn die Flasche (oder sie) erwärmt wird?	Makroskopische Eigenschaften der Teilchen
---	---

Tabelle 2: Ausschnitt aus Interviewleitfaden (siehe Anhang, S. 1)

Dieser Teil des Leitfadens kann als Hauptteil des Interviews verstanden werden. Ausgehend von dem Versuch mit der Flasche und dem Luftballon, wird zuerst nach Erklärungsvorschlägen dazu gefragt und versucht diese zu vertiefen. Um zu genaueren Beschreibungen zu gelangen, wird dabei auf mehrere Aspekte des Versuches aufmerksam gemacht, wie die Rolle des heißen Wassers oder Vorstellungen dazu, wie die Luft in der Flasche aufgebaut sein könnte. Mögliche Teilchenvorstellungen sollen dabei vertieft und genauer erläutert werden. Falls diese nicht von alleine zur Erklärung herangezogen werden, was in der Regel zu erwarten ist, kann eine Teilchenvorstellung auch präsentiert werden. Die Rolle des Interviewpartners ist in dem Fall, die Erklärung als glaubwürdig anzunehmen, sie abzulehnen oder sie zu verändern.

Der letzte Teil des Interviewleitfadens dient dazu, den Kreis zu den ersten zwei Versuchen zu schließen. Mit ein paar Interventionen soll außerdem versucht werden, den Ansatz einer Verallgemeinerung herzustellen. Dafür sollen Beispiele zu ähnlichen Phänomenen oder Beobachtungen, die auf die gleichen Erklärungen zurückzuführen sind, helfen:

Interventionen	Erwartete Vorstellungen	Bemerkungen
Was glaubst du hat dieser Versuch mit den ersten beiden zu tun?		Evtl.: Was war bei allen Versuchen gleich? Was war anders?
Glaubst du, es passiert immer so etwas Ähnliches, wenn wir was erwärmen?		
Welches Beispiel fällt dir noch ein, wo man so etwas Ähnliches beobachten kann?		
Hast du in der Schule schon einmal etwas dazu gehört?		
Möchtest du sonst noch etwas sagen? / Fällt dir sonst noch etwas ein?		

Tabelle 3: Ausschnitt aus Leitfadeninterview (siehe Anhang, S. 1)

4 Aufbereitung und Auswertung der Daten

Um Aussagen über die Konzepte und Denkfiguren der Interviewteilnehmerinnen und -teilnehmer machen zu können, müssen deren Äußerungen erst dekodiert werden. Diese sind schließlich nur Selbstauskünfte, die sich nicht von selbst erschließen, sondern erst interpretiert werden müssen (Niebert & Gropengießer, 2014, S. 121).

Für die Aufbereitung und Auswertung dieser Interviews zur Ausdehnung bei Erwärmung wurde eine an Gropengießer (2008) angelehnte Form der qualitativen Inhaltsanalyse verwendet. Ausgehend von der Audiodatei des Interviewgesprächs wurde dabei das Material schrittweise aufbereitet, um schließlich die Aussagen der Schülerinnen und Schüler in einer auswertbaren und interpretierbaren Form vorliegen zu haben.

4.1 Transkription

Die Aufbereitung bestand in einem ersten Schritt in der Transkription der Audiodaten. Ihr voran ging allerdings schon eine Selektion der inhaltlich relevanten Äußerungen. Längere Teile, wie beispielsweise Begrüßungen oder nicht relevante Unterbrechungen durch dritte Personen, wurden dabei ausgelassen. Die Überführung der gesprochenen Sprache in einen Fließtext erfolgte nun Wort für Wort und in originaler Ausdrucksweise. Bereinigt wurde lediglich der Dialekt: „nee“ wurde zum Beispiel als „nein“, „ne Kugel“ als „eine Kugel“ und „weil’s“ als „weil es“ verschriftet (Gropengießer, 2008, S. 176f). Außerdem wurden Satzfüller wie „Äh“ ausgelassen und Rezeptionssignale wie „Mh“ durch „Hmhm“ markiert, wenn sie zustimmend sind, und durch „Mhmm“, wenn sie nicht zustimmend sind. Für eine bessere Übersicht, sind weitere Notationsregeln in folgender Tabelle zusammengefasst:

Notation	Bedeutung, Beispiel
-	Kurze Sprechpause z.B.: weil - es ja heiß geworden ist
-- --- ----	Längere Sprechpausen Ein Strich steht für ca. 1 Sekunde
(7 sec)	Längere Sprechpausen mit Sekundenangabe
[...]	Nicht transkribierter, irrelevanter Teil der Audioaufnahme
() (Vermutung)	Unverständlicher Teil der Audioaufnahme

	Das Wort in den Klammern stellt die vermutete Aussage dar
[Kommentar]	Kommentare zu Intonation, nonverbale Ausdrücke, sowie technische Hinweise oder relevante Ereignisse z.B.: <u>weiß ich nicht</u> [lachend]

Tabelle 4: Notationsregeln der Transkription (angelehnt an Krüger & Riemeier, 2014)

Damit auf bestimmte Bereiche und Aussagen aus dem Transkript Bezug genommen werden kann, wurden außerdem auf der linken Seite jeweils die Zeilennummern eingefügt. Die Beiträge des Interviewleiters wurden durch ein „I“ markiert und die der Interviewteilnehmerinnen oder -teilnehmer durch ein „S“. Somit ergaben sich die Transkripte, wie in folgendem Beispiel zu sehen ist:

-
- | | | |
|----|----|---|
| 1 | I: | Ok, Felix, richtig? |
| 2 | S: | Hmhm |
| 3 | I: | Gut, setz dich ruhig - Kannst du dich noch erinnern was wir gemacht haben, das |
| 4 | | letzte Mal? |
| 5 | S: | Ja, wir haben so, mit so einem - wie heißt das - mit so einem - wir haben halt so |
| 6 | | eine Kugel erwärmt |
| 7 | I: | Mit diesem Bunsenbrenner meinst du? |
| 8 | S: | Hmhm |
| 9 | I: | Ja |
| 10 | S: | erwärmt und dann halt am Anfang ging es durch und dann nicht mehr |
| 11 | I: | Hmhm |
| 12 | S: | - und dann haben wir noch das gemacht, dass das Wasser immer steigt. Das mit |
| 13 | | der roten Farbe, ich weiß aber nicht mehr wie das- |
| 14 | I: | Was haben wir da gemacht? |
| 15 | S: | Heißes Wasser. |
| 16 | I: | Stimmt, ja - das haben wir in heißes Wasser gestellt. |
| 17 | S: | Hmhm |
| 18 | I: | Und was ist dann passiert? |
| 19 | S: | Dann ist das Wasser weiter hochgestiegen - und die rote Farbe. |
| 20 | I: | Hmhm. Wie erklärst du dir das? |
| 21 | S: | -- weil, weil heiße, heiß geht nach oben. |
| 22 | I: | Und bei der Kugel? |
| 23 | S: | Bei der Kugel da ist es - ja ist es - also das Metall schmilzt und wird - irgendwie |
| 24 | | - ausgebreitet oder - so - ja. |
-

Box 1: Transkriptausschnitt des Interviews mit Felix (siehe Anhang, S. 76)

Um die Anonymität der Schülerinnen und Schüler zu wahren und dennoch die Lesbarkeit nicht einzuschränken, wurden auch schon bei der Transkription die Namen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer durch gängige deutsche Namen ersetzt. Diese wurden für den restlichen Teil der Auswertung beibehalten.

4.2 Überführung in redigierte Aussagen

Der nächste Schritt wird als „redigieren“ der Aussagen bezeichnet (Gropengießer, 2008, S. 176) und bedeutet eine weitere Kürzung des Materials. Um die relevanten Aussagen zugänglicher zu machen, werden sie unter Beachtung des Kontextes selektiert und aus sprachlicher Sicht „leicht geglättet“ (ebd., S. 178). Dies geschah ebenfalls schrittweise, durch die Ausführung von vier Operationen, die Gropengießer (2008) wie folgt beschreibt:

Selektieren Bedeutung tragender Aussagen. Dieser Schritt beinhaltet die Auswahl relevanter Äußerungen aus dem Transkript. Da diese jedoch häufig durch nicht Inhalt tragende Informationen unterbrochen sind, werden sie ausgesondert. Dabei wird die ursprüngliche Reihenfolge der Äußerungen beibehalten und die Herkunft des Abschnittes durch die Zeilennummern des Anfangs- und Endpunktes im Transkript markiert (S. 179).

Auslassen von Redundanzen und Füllseln. Da die Aussagen der Interviewteilnehmerinnen und -teilnehmer immer wieder durch zustimmende Äußerungen wie „Hmhm“ unterbrochen werden, folgt im zweiten Schritt die Auslassung dieser Füllsel. Unmittelbare Wiederholungen werden ebenfalls ausgelassen, wobei relevante Variationen der Äußerungen in runden Klammern beibehalten werden (S. 179).

Transformieren in eigenständige Aussagen, sowie Paraphrasieren. Um schließlich bei eigenständigen redigierten Aussagen anzukommen, werden alle Aussagen insofern transformiert, als gingen sie nur vom Interviewpartner oder der Interviewpartnerin aus. Dies ist notwendig, da sich oft die Äußerungen nur durch die Hinzunahme der Beiträge des Interviewers erschließen. Vor allem in einer Gesprächssituation, in der viele Fragen und Antworten im Wechselspiel stattfinden, ist das erkennbar. Aus dem Kontext heraus werden somit die Aussagen der Interviewpartnerin oder des Partners in eigenständige Aussagen formuliert, die unabhängig von denen des Interviewers

sind. „Der Kontext wird also berücksichtigt und aufgenommen, gleichzeitig werden damit aber auch die Aussagen aus der ursprünglichen Gesprächssituation isoliert“ (ebd., S. 179). Mit einer anschließenden Glättung der Grammatik werden die Aussagen in die Form akzeptabler Sätze gebracht, ohne dabei die ursprüngliche Sprache in wesentlicher Form zu verändern (ebd., S. 179).

Die Aufbereitung des Transkriptionsmaterials resultierte somit in redigierten Aussagen der Schülerinnen und Schüler. Zu dem als Beispiel aufgeführten Transkriptausschnitt von vorhin ergaben sich somit folgende redigierte Aussagen:

(3-10) {Das letzte Mal} haben wir mit einem {Bunsenbrenner} eine Kugel erwärmt. Am Anfang ging es durch und dann nicht mehr.

(12-21) Wir haben dann noch das gemacht, dass das Wasser immer steigt. (Das mit der roten Farbe). {Wir haben das in heißes Wasser gestellt} und dann ist das Wasser und die rote Farbe weiter hochgestiegen, weil heiß geht nach oben.

Box 2: Auszug aus den redigierten Aussagen von Felix (siehe Anhang, S. 81)

In geschweifte Klammern wurden dabei die Hinweise, Fragen oder Einwürfe des Interviewleiters notiert (Krüger & Riemeier, 2014, S. 139). Die Zahlenangaben in runden Klammern deuten auf den Ursprung der Aussagen im Transkript hin.

4.3 Ordnen der redigierten Aussagen

Der nächste Schritt der Bearbeitung des Materials kann bereits als „Auswertung“ bezeichnet werden (Gropengießer, 2008, S. 176). Auch wenn die Transkription und Überführung in redigierte Aussagen bereits mit einer Reduktion des Materials und deshalb mit einer Interpretation der Originalaussagen verbunden sind (Krüger & Riemeier, 2014, S. 138), wird nun insbesondere auf die inhaltlichen Aussagen der Interviewten und deren Bezug zu den Fragestellungen der Studie Bezug genommen. Dies geschieht durch das Ordnen der redigierten Aussagen.

Angelehnt an Gropengießer (2008) und Krüger und Riemeier (2014) wurde dies mit einer thematischen Ordnung der Aussagen begonnen. Sie wurden ihrem Inhalt entsprechend gebündelt und in Kategorien eingeteilt, die von der Fragestellung dieser Studie und dem Forschungsstand abgeleitet wurden. Zusätzlich dazu wurde für Kategorien Raum gelassen, die sich durch inhaltlich unvorhersehbare Äußerungen der

Interviewten erst während des Prozesses bilden. Somit ergaben sich folgende Kategorien:

Beobachtung: Ausdehnung bei Erwärmung. Durch die erste, generell gefasste Kategorie sollte beschrieben werden, inwieweit die Interviewten die Ausdehnung der Materie als Erklärung für die Versuche benutzen.

Scheinerklärungen der Phänomene. Diese Kategorie befasst sich mit den Vorstellungen zu den beobachteten Phänomenen, insbesondere in den Fällen, in welchen nicht die Ausdehnung als Erklärung herangezogen wird. Da dies in sehr unterschiedlicher Weise geschehen kann, unterteilt sich diese Kategorie weiter in mehrere den Vorstellungen entsprechenden Konzepten, wie beispielsweise „Wärme lässt generell Dinge nach oben steigen“, „Wärme besitzt Stoffeigenschaften“, „Verdampfung oder Verdunstung als Ursache der Phänomene“, oder „Schichten, die sich um das Metall bilden“.

Teilchenvorstellungen. Da die Ausdehnung bei Erwärmung mit Hilfe der Teilchenvorstellung veranschaulicht werden kann, ist diese Kategorie dazu da, die Aussagen zu vereinen, die einen Bezug dazu herstellen. Dabei kann auch darauf geachtet werden, welche Charakteristika das Modell besitzt.

Verbindung zwischen den 3 Versuchen und Aggregatzuständen. Diese Kategorie nimmt Bezug auf mögliche Parallelen, die von den Interviewten zwischen den Versuchen hergestellt werden. Außerdem ist von Interesse inwiefern die Ausdehnung als Erklärung für alle drei Phänomene oder nur einen Teil davon benutzt wird.

Mit diesem Schritt der Datenbearbeitung ging gleichzeitig auch eine weitere Reduktion des Materials einher. Während die Aussagen einer oder mehreren Kategorien zugeordnet wurden, wurden gleiche oder ähnliche Aussagen zu einer einzigen gebündelt. Relevante Variationen oder Synonyme konnten jedoch erhalten bleiben, indem sie in runden Klammern dazugeschrieben wurden (Krüger & Riemeier, 2014, S. 139f). So wie auch bei den redigierten Aussagen, weisen nach dem Ordnen die Zeilenangaben daraufhin, aus welcher Stelle des Transkripts die Aussagen stammen. Das Resultat kann dann folgendermaßen aussehen:

Kategorie: *Beobachtung: Ausdehnung bei Erwärmung*

(112-118, 119-129, 130-141) {Ich sehe eine Verbindung zu dem Versuch} mit dem heißen Wasser. {Und mit der Kugel auch}. Es ist ja alles mit Erwärmung. {Die Erwärmung} hat hier aufgeblasen, da nach oben gestiegen und bei der Kugel ist die wie beim Luftballon so auseinandergedehnt worden. Es klingt logisch, {dass die Luft nicht nach oben gegangen ist, sondern dass sie sich ausgedehnt hat}. {Als Regel würde ich sagen}, dass die heiße Luft sich wie bei der Kugel nach außen dehnt (ausdehnt). {Bei der Kugel} hat sich das Metall ausgedehnt und beim Wasser ist es nach oben gestiegen (nach oben ausgedehnt).

Box 3: Auszug aus den geordneten Aussagen von Felix (siehe Anhang, S. 82)

4.4 Explikation und Einzelstrukturierung

Mit der Explikation wird der nächste Schritt der Auswertung gemeint. Mithilfe der geordneten Aussagen wird ein Fließtext erstellt, der die Vorstellungen auslegt und erläutert (Krüger & Riemeier, 2014, S. 141). Das Ziel ist dabei, Charakteristika zu diesen Vorstellungen herauszuarbeiten, darauf zu achten, welche Quellen sie haben und an welchen Stellen Verständnisprobleme, Brüche oder Interessen deutlich werden. Bei widersprüchlichen Aussagen ist außerdem von Bedeutung, ob die Interviewteilnehmerinnen oder -teilnehmer dies von selbst bemerken oder nicht (Gropengießer, 2008, S. 181). Es kann auch ein Vergleich mit den fachlichen Vorstellungen vollzogen werden. Grund dafür ist aber nicht, „ein fachliches Raster über die Äußerungen der Interviewten zu legen und damit die fachliche Angemessenheit zu prüfen“ (Krüger & Riemeier, 2014, S. 141). Stattdessen ist das Ziel, Anknüpfungsmöglichkeiten zu schaffen, die die Strukturierung von Wissensvermittlung, bzw. Unterricht, unterstützen (ebd., S. 141). Dafür werden innerhalb der Explikation Konzepte zu den bestimmten Vorstellungen benannt, oder auch in durchgestrichener Schreibform darauf hingewiesen, dass diese Konzepte abgelehnt werden. Somit wird mit der Explikation die Einzelstrukturierung vorbereitet (ebd., S. 142).

Mit der Einzelstrukturierung können je nach Fragestellung „formale, inhaltliche, typisierende oder skalierende Aspekte herausgearbeitet werden“ (Mayring 2010, zitiert nach Krüger & Riemeier, 2014, S. 143). Für den Zweck dieser Erhebung ist eine inhaltliche Fokussierung angebracht, mit dem Ziel die rekonstruierten Vorstellungen

als Einheiten zu bündeln (Krüger & Riemeier, 2014, S. 143). Somit stellt sie sich aus den in der Explikation genannten Konzepten zusammen, die in der Interviewsituation diskutiert wurden. Die Einheiten werden mit einem passenden Titel versehen und kurz beschrieben (ebd., S. 143). In diesem Falle wurde jedoch versucht, die Formulierungen für die Beschreibungen möglichst nahe an denen der Schülerinnen und Schüler zu halten. Die Notation in der Einzelstrukturierung erfolgte nach Krüger und Riemeier (2014) folgendermaßen:

- vom Lerner zustimmend vertreten „o“
- vom Lerner ablehnend vertreten „~~durchgestrichen~~“
- vom Lerner fragend diskutiert „?“ (S. 143)

4.5 Verallgemeinerung und Vergleich der Ergebnisse

Da sich Schülervorstellungen, obwohl individuell geformt, nach typischen Mustern beschreiben lassen (Wiesner et al., 2015, S. 34), folgt als letzter Schritt nach den Einzelstrukturierungen die Verallgemeinerung der Ergebnisse. Um dies anhand der in dieser Studie gesammelten Daten zu tun, werden die Kategorien der Vorstellungen und insbesondere die Konzepte der Schülerinnen und Schüler zusammengetragen und miteinander verglichen. Das angestrebte Ziel besteht allerdings nicht darin, eine Aussage darüber zu treffen, wie oft eine bestimmte Vorstellung bei den Schülerinnen und Schülern vertreten ist. Die Verallgemeinerung der Konzepte soll es erlauben, die Aussagen einzelner Schülerinnen und Schüler miteinander und mit fachlichen oder historischen Vorstellungen zu vergleichen. Auch hier soll dies nicht zu einer Einteilung in „richtig“ oder „falsch“ führen. Aus fachlicher Sicht können sie darauf geprüft werden wie „belastbar und nützlich“ (Krüger & Riemeier, 2014, S. 143) sie sind. Gleichzeitig kann aus didaktischer Sicht untersucht werden, inwiefern die Vorstellungen für das Erlernen der fachlichen Ansicht hilfreich sind und an welcher Stelle Anknüpfungspunkte für den Unterricht existieren (ebd., S. 143).

5 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Interviews und der Datenauswertung nach Schülerinnen und Schülern geordnet präsentiert. Die Reihenfolge ergibt sich nach

der gleichen Reihenfolge, in welcher die Interviews stattgefunden haben. Nach einer Vorstellung des jeweiligen Schülers oder Schülerin erfolgt die Explikation. Die Transkripte, redigierten und geordneten Aussagen, die für die Erstellung der Explikationen maßgeblich waren, werden nicht mehr präsentiert, sind aber im Anhang enthalten. Nach der Explikation der Aussagen eines jeden Schülers bzw. Schülerin wird die Einzelstrukturierung präsentiert. Somit existiert nach der detailreicheren Erläuterung der Explikation durch die Einzelstrukturierung nochmals ein Überblick über die Vorstellungen und Konzepte der Schülerinnen und Schüler. Das ermöglicht außerdem den anschließenden Vergleich, eine Verallgemeinerung der Konzepte, sowie die Diskussion der Ergebnisse.

5.1 Vorstellung, Explikation und Einzelstrukturierung

5.1.1 Lena

Lena befindet sich in der 6. Jahrgangsstufe und ist 12 Jahre alt. Erfahrungen mit naturwissenschaftlichem Unterricht hat sie bereits gesammelt. Im Physikunterricht wird während des Zeitraums, in dem die Interviews stattfinden, Magnetismus behandelt. Dass sich dies auch auf Lenas Aussagen auswirkt, wird sowohl im Transkript (siehe Anhang, S. 8) als auch durch ihr Arbeitsblatt (siehe Anhang, S. 5) deutlich.

Lena zieht als Erklärung für ihre Beobachtungen der Versuche nicht sofort die Ausdehnung der Materie heran. Für sie ist jedoch von Anfang an klar, dass die Metallkugel „größer wird“ (Zeile 14; Arbeitsblatt). Als Erklärung dafür benutzt sie ihr im Physikunterricht erworbenes Wissen zu Magnetismus. Das lässt auf den Ursprung ihrer Vorstellungen schließen: da dieses Interview und die Experimente in einem schulischen Kontext ablaufen und auch aus dem Bereich Physik stammen, versucht Lena das zu benutzen, was sie aus diesem Bereich und Kontext bereits kennengelernt hat. Das lässt darauf schließen, dass ihre Vorstellungen zu dem Thema „Ausdehnung bei Erwärmung“ nicht aus einem alltäglichen Kontext stammen. Dass die Erklärungen aus dem ihr bekannten Bereich des Physikunterrichts kommen sollen, scheint ihr auch so wichtig zu sein, dass sie Widersprüche in Kauf nimmt. Einerseits führt sie das Größerwerden der Metallkugel auf kleine „Elementarmagnete“ (Zeile 14; Arbeitsblatt) (Konzept *magnetische Reaktionen*) zurück, die sich in dem Metall befinden und selbst größer werden, wenn sie erwärmt werden (Zeile 16) (Konzept *Makroskopische*

Eigenschaften des Teilchenmodells). Andererseits bestätigt sie, dass der Versuch nichts mit diesen kleinen Teilchen zu tun haben kann, da es sich bei der Kugel um keinen Magneten handelt (Zeilen 84-89). Im Laufe des Interviews scheint sie sich allerdings der Widersprüche bewusst zu werden und benutzt gegen Ende als Erklärung nicht mehr magnetische Phänomene (Zeilen 133-136). Lena nimmt jedoch weiterhin ihre Beobachtungen nicht als eine Ausdehnung der Materie wahr. Sie erklärt nun den Versuch damit, dass sich um die Kugel nach Erwärmung eine neue „Schicht gebildet“ (Zeile 143) haben muss (Konzept *Schichten, die sich um das Metall bilden*). Zu diesem Verständnis scheint auch die Vorstellung zu gehören, dass Materie, oder zumindest Metall, aus mehreren Schichten besteht (Zeile 140). Außerdem ist für Lena die Tatsache, dass die Kugel komplett ausgefüllt, und innen nicht hohl ist, ein weiterer Grund dafür, dass sie größer wird. Für die Erklärung der anderen beiden Versuche, benutzt Lena mehrmals den Begriff „verdunsten“, in Verbindung mit „hochsteigen“ (Zeilen 38-39). Allerdings redet sie nicht nur vom kalten Wasser, sondern auch von der Luft, die verdunstet (Zeile 38) und meint beide Versuche, 2 und 3 (Zeilen 113-114). Beide Male scheint nicht die Ausdehnung der Materie für sie eine Erklärung zu sein, sondern vielmehr, dass etwas nach oben steigt, aufgrund von Verdunstung oder Verdampfung (Konzept *Verdunstung als Ursache der Phänomene*). Um das zu veranschaulichen, vergleicht sie die Versuche auch mit dem Wasserkreislauf aus der Natur (Zeilen 121-123). Als Verbindung zu dem ersten Versuch sieht Lena lediglich die Tatsache, dass überall Wärme verwendet wird. Die beobachteten Phänomene scheinen ihres Verständnisses nach auf eine andere Art nicht zusammenzuhängen (~~Konzept *Ausdehnung bei allen Aggregatzuständen*~~).

Die Strukturierung von Lenas Konzepten ergibt sich demnach wie folgt:

- Verbindung zwischen den drei Versuchen
 - ~~*Ausdehnung bei allen Aggregatzuständen*~~

Alle drei Versuche haben was mit der Wärme, also mit der Hitze zu tun.
- Vorstellungen zum Aufbau der Materie
 - *Schichten, die sich um das Metall bilden*

Die Metallkugel ist innen komplett ausgefüllt und besteht aus mehreren Schichten. Nach Erwärmung hat sich eine neue Schicht drüber gebildet.
 - *Makroskopische Eigenschaften kleiner Teilchen*

Das Eisen besteht aus Elementarmagneten. Bei Hitze werden die größer und breiten sich aus.

- Vorstellungen zur Ursache der Ausdehnung

- *Schichten, die sich um das Metall bilden*

Die Metallkugel ist innen komplett ausgefüllt und besteht aus mehreren Schichten. Nach Erwärmung hat sich eine neue Schicht drüber gebildet.

- *Magnetische Reaktionen*

Wenn die Metallkugel erwärmt wird, sind die Elementarmagnete ungeordnet und dehnen sich aus. Dadurch ist sie nicht mehr magnetisch und wird größer.

- *Verdunstung / Wärme die nach oben steigt*

Luft und Wasser verdunsten und steigen nach oben. Damit haben die Versuche 2 und 3 zu tun.

5.1.2 Lukas

Lukas befindet sich, ebenso wie Lena, in der 6. Jahrgangsstufe und ist 12 Jahre alt. Aus den Antworten seines Arbeitsblattes kann man erkennen, dass er grundsätzlich die Erwärmung mit der Ausdehnung von Körpern verbindet (siehe Anhang, S. 5).

Aufgrund von Aussagen, die er „irgendwo gehört“ (Zeile 55) hat, besitzt Lukas ein generelles Verständnis zum Phänomen der Ausdehnung bei Erwärmung, und formuliert dies eigenständig (Zeile 54) auch in Bezug zu allen drei Experimenten, wenn er gefragt wird, was die Gemeinsamkeiten zwischen ihnen wären (Zeilen 88-90). Die Beobachtungen der Experimente erklärt er damit, dass der jeweilige Stoff „mehr Raum einnimmt“ (Zeilen 89-90) und behauptet auch, dass die Hitze dabei eine wesentliche Rolle spielt, indem sie auf die Materie „einwirkt“ (Zeile 94) (Konzept *Ausdehnung bei allen Aggregatzuständen*). Trotzdem scheint die Vorstellung, dass vor allem bei fluiden Stoffen Wärme dazu führt, dass diese hochsteigen, stärker verankert zu sein. Er beschreibt dies im Falle des Wassers damit, dass eine gewisse „Krafteinwirkung“ (Zeile 83) existiert, die das Wasser „nach oben hält“ (Zeile 79). Einerseits scheint somit das Verständnis vertreten zu sein, dass die Wärme selbst Platz einnimmt und das Wasser oder die Luft verdrängt, andererseits widerspricht sich das mit Lukas' Präzisierung, dass es sich nicht um eine „Säule“ (Zeile 82) handelt. Er erkennt den Zusammenhang zwischen der Wärme und den Effekt der erzeugt wird,

kann sich aber bei der Erklärung nicht darüber einig werden, ob etwas Gegenständliches das Wasser, bzw. die Luft „nach oben drückt“ (Zeilen 50-51), oder ob lediglich eine Kraft daran schuld ist. Somit beschreibt Lukas Wärme gleichzeitig als etwas das, so wie andere Stoffe, Platz verbraucht und diese verdrängt (Konzept *Wärme mit Stoffeigenschaften*), als auch wie etwas nicht klar Greifbares, das man nur als eine „Krafteinwirkung“ (Zeile 83) beschreiben kann. Außerdem trennt Lukas in seinen Aussagen zu dem zweiten Versuch den Farbstoff von dem Wasser, und beschreibt, wie beides (Zeilen 15-16) bzw. nur der Farbstoff „aufsteigt“ (Arbeitsblatt). Interessant wäre eine Deutung dieses Konzeptes mithilfe der Teilchenvorstellung gewesen, was im Rahmen dieses Interviews nicht behandelt wurde.

Die Einzelstrukturierung ergibt sich folgendermaßen:

- Verbindung zwischen den drei Versuchen
 - *Ausdehnung bei allen Aggregatzuständen*
Hitze wirkt auf die Materie ein. Das hat zur Folge, dass sie mehr Raum einnimmt.
- Vorstellungen zur Ursache der Ausdehnung
 - *? Wärme mit Stoffeigenschaften*
In dem Wasser ist etwas, das es nach oben hält. Diese Hitze verbraucht ein bisschen Platz. Der Luftballon wird ein bisschen mit Luft aufgepumpt, weil auch wieder diese Hitze da ein bisschen von der Luft verdrängt und die deshalb wieder nach oben steigt. Die Hitze drückt sozusagen die Luft ein bisschen nach oben.

5.1.3 Lydia

Lydia ist mit 13 Jahren die älteste von den Schülerinnen und Schülern, die an den Interviews teilgenommen haben. Sie besucht die 6. Klasse und hat somit schon das Thema Magnetismus im Unterricht kennengelernt. Auch wenn die Beeinflussung dessen im Interview nicht so sichtbar wird wie bei Lena, erkennt man doch zumindest, dass sie den Ansatz hatte, den ersten Versuch damit zu erklären (siehe Arbeitsblatt, Anhang S. 5).

Für die Erklärung der Experimente benutzt Lydia verschiedene Herangehensweisen, je nach Aggregatzustand. Bei dem Versuch mit der Metallkugel ist sie besonders

ausführlich und gibt sogar zwei unterschiedliche Erklärungsmöglichkeiten. Erstens beschreibt sie die „Hitze“ als etwas, das dem Metall im Inneren „den Platz wegnimmt“ (Zeile 57; Arbeitsblatt) und somit dazu führt, dass sie größer wird. Somit spricht sie der Wärme Stoffeigenschaften zu (Konzept *Wärme mit Stoffeigenschaften*). Analog dazu, nimmt sie diese Erklärung auch für den zweiten Versuch (Zeile 98). Interessant ist hierbei, dass sie nicht die Wärme oder „Hitze“ als etwas beschreibt, dass in die Flasche eindringt, was schließlich zu erwarten wäre, wenn man sich Wärme als einen Stoff vorstellt, der Platz einnimmt. Stattdessen erkennt Lydia, dass sich das bunte Wasser erwärmt, sieht aber die „Hitze“ trotzdem als etwas, das getrennt vom Wasser im Erlenmeyerkolben ist und einen eigenen Platz verbraucht, oder sogar dem Wasser den Platz wegnimmt (Zeilen 98-99). Von dieser Vermutung geht sie zum Beispiel des Wasserkochens über, wobei der Fokus stark auf dem „hoch kommen“ (Zeilen 118-119) liegt. Das lässt vermuten, dass Lydia sich das Wasser weniger als Materie, die sich ausdehnt, vorstellt, sondern mehr als ein Stoff, der im Volumen gleichbleibt, aber von der Wärme hochgedrückt wird. Dafür spricht auch, dass sie, anders als bei der Beschreibung des ersten Versuches, mehrmals darauf hindeutet, dass das Wasser hochsteigt. Als zweite Erklärung dafür, dass die Metallkugel größer geworden ist, benutzt Lydia die Vorstellung, dass sich um die Kugel eine zusätzliche Schicht gebildet hat. Sie vermutet, dass das Metall dafür außen geschmolzen sein könnte (Zeile 78) (Konzept *Schichten, die sich um das Metall bilden*). Gleichzeitig verwendet sie aber auch die Worte „ausgebreitet“ und „gedehnt“ (Zeile 79), was vor allem bei Letzterem darauf schließen lässt, dass Lydia die Eigenschaft des Materials sich ausdehnen zu können, nicht ausschließt. Von dieser Erklärung ist sie zu Beginn allerdings weniger überzeugt als von ihrer ersten (Zeile 77). Nach zusätzlicher Nachfrage, stellt sie die beiden Varianten jedoch gleich (Zeilen 90-91). Aus diesem Grund ist zu vermuten, dass sich beide Vorstellungen spontan gebildet haben, unterstützt durch die persönliche Wahrnehmung der Experimente. Schließlich gibt Lydia auch zu, dass sie sich nicht sicher ist und das nur Vermutungen sind (Zeile 90). Bei dem dritten Versuch benutzt Lydia ebenfalls die Vorstellung, dass die Wärme Platz verbraucht (Zeile 12). Das Aufblasen des Luftballons erklärt sie auch damit, dass sich die Flasche mit „erhitzter Verdunstung“ (Zeile 30) füllt, wobei sie „Verdunstung“ und „Luft“ fast synonym verwendet (Konzept *Verdunstung als Ursache der Phänomene*). Außerdem macht sie für den beobachteten Effekt wieder das Hochsteigen der Stoffe bei Erwärmung verantwortlich, benutzt aber als Beschreibung

dafür die Worte „steuern“ (Zeile 155) und „transportieren“ (Zeile 162). Das spricht dafür, dass sie sich in diesem Fall die Wärme nicht nur als etwas vorstellt, das „Platz wegnimmt“, sondern auch als etwas, das die Luft aktiv mitführt oder bewegt. Eine Verbindung zwischen den beiden Versuchen mit fluiden Stoffen und der Metallkugel sieht Lydia nicht (Zeilen 50-52) (~~Konzept Ausdehnung bei allen Aggregatzuständen~~). Wobei sie die letzten 2 Versuche durch eine Assoziation zu kochendem und verdampfenden Wasser miteinander verbindet.

Lydias Einzelstrukturierung ergibt sich wie folgt:

- Verbindung zwischen den drei Versuchen
 - ~~Ausdehnung bei allen Aggregatzuständen~~
Versuch 3 hat nicht auch noch eine Verbindung zu der Kugel.
- Vorstellungen zur Ursache der Ausdehnung
 - *Wärme mit Stoffeigenschaften*
Die Hitze nimmt dem Metall den Platz im Inneren weg. Das Wasser ist hochgekommen, weil dort die Hitze den Platz verbraucht.
 - *Schichten, die sich um das Metall bilden*
Das Metall ist etwas geschmolzen und dadurch größer geworden. Es hat sich etwas verbreitet, gedehnt, ausgebreitet.
 - *Verdunstung / Wärme, die nach oben steigt*
Verdunstete Luft wurde durch die Hitze in den Luftballon transportiert.

5.1.4 Anna

Anna ist 12 Jahre alt und in der 6. Jahrgangsstufe. Sie ist die letzte Interviewteilnehmerin des ersten Tages. Da Anna bei der einführenden Phase, bei welcher die ersten 2 Versuche gezeigt wurden, nicht dabei sein konnte, wurden ihr im Gegensatz zu den anderen Schülerinnen und Schülern, alle drei Versuche während der Interviewsituation gezeigt.

Anna sieht als Verbindung zwischen den drei Versuchen die Tatsache, dass „Hitze“ verwendet wird (Zeile 118), welche ausschlaggebend dafür ist, dass etwas „nach oben gestiegen“ (Zeile 126), „voller“ oder „größer“ (Zeile 129) geworden ist. Sie macht die beobachteten Phänomene allein von der Wärme abhängig und behauptet, dass bei einer Durchführung der gleichen Experimente mit kaltem Wasser „nichts passieren“ würde

(Zeilen 119-121). Somit macht sie auch bei dem ersten Versuch die „Hitze“ direkt dafür verantwortlich, dass die Metallkugel sich ausgedehnt hat (Zeile 37). Im gleichen Zuge beschreibt Anna jedoch, ohne sich auf ein Experiment zu beziehen, dass sich diese Ausdehnung bei Wasser nicht beobachten lässt, und macht somit direkt eine Trennung zwischen den Aggregatzuständen (Zeile 41) (Konzept *Ausdehnung bei allen Aggregatzuständen*). Auffällig ist, dass Anna im Laufe des gesamten Interviews Bezug zu Phänomenen und Beschreibungen nimmt, die sowohl aus dem Alltag als auch aus einem unterrichtlichen Kontext zu stammen scheinen. Mit kleinen physikalischen Experimenten muss sie Erfahrungen gesammelt haben, was dazu führt, dass sie diese zur Erklärung der Versuche zur Ausdehnung benutzt. Ein Beispiel dafür ist ihre Beschreibung des Aufbaus des Wassers. Sie benutzt das Teilchenmodell, beschreibt Wasser als „kleine Teilchen“ die „miteinander verbunden“ sind (Zeilen 136-137), schließt in ihre Erklärung aber auch einen Prozess mit ein: „irgendwie kommt da die Luft dazu“ (Zeilen 139-140). Vermutlich stammt dies aus der Erinnerung von einem Experiment, bei welchem die Oberflächenspannung des Wassers im Mittelpunkt steht, was eine Erklärung dafür wäre, warum sie mit der Beschreibung einer „festen Schicht“ (Zeile 142), die nach hinzufügen von Essig „reißt“ (Zeile 143), fortfährt. Den Wasserteilchen ordnet Anna auch makroskopische Eigenschaften zu (Zeilen 146-147), was allerdings nicht verwunderlich ist, da sie bei der Beschreibung der Teilchen davor auch schon makroskopische Stoffe wie die Luft verwendet hat (Konzept *makroskopische Eigenschaften des Teilchenmodells*). Eine Verbindung zwischen den Eigenschaften der Teilchen und der Ausdehnung der Materie sieht Anna aber nicht (Zeilen 148-151). Den zweiten Versuch erklärt Anna auch nicht mit der Ausdehnung bei Erwärmung, sondern damit, dass das Wasser „nach oben gedrückt“ (Zeile 55) wird. Allerdings scheint sie davon nicht ganz überzeugt zu sein, und schließt auch die Ausdehnung des Wassers nicht komplett aus (Zeilen 81-82). „Hitze“ verbindet sie jedoch letztendlich direkt mit dem „Druck“ der in der Flasche dafür verantwortlich sein soll, dass das Wasser ansteigt (Zeilen 83-84). „Druck“ und „Hitze“ wird von Anna aber nicht gleichgesetzt (Zeilen 122-123). Sie scheint den Druck im Inneren des Gefäßes als eine Folge der Erwärmung zu sehen, welche auf das Glas „drückt“ (Zeile 81). Das wiederum erwärmt das Glas (Zeile 83), was dafür spricht, dass Anna ein Verständnis für Wärmeübertragung besitzt. Diese Wärmeübertragung scheint allerdings nicht bis in das Gefäß hineinzureichen. Das erwärmte Glas „erzeugt Druck“, was wiederum dazu führt, dass das Wasser in dem

Erlenmeyerkolben „nach oben gedrückt“ wird (Zeile 75). Somit scheint „Hitze“ die Eigenschaften eines Stoffes zu bekommen, welches den Platz verdrängt und das restliche Wasser nach oben schiebt (Konzept *Wärme mit Stoffeigenschaften*). Zusätzlich dazu vergleicht sie die Beobachtungen des zweiten Versuchs mit dem Phänomen des kochenden Wassers (Zeilen 123-125). Mit einer starken Ähnlichkeit zu dem vorigen Versuch, beschreibt Anna auch den dritten, bei welchem die Ausdehnung der Luft im Mittelpunkt steht. Sie erklärt, wie auf gleiche Weise Druck durch das heiße Wasser erzeugt wird (Zeile 109). Dieser Druck sorgt wieder dafür, dass die Luft in den Luftballon „gepresst“ wird (Zeile 110). Analog zu dem zweiten Versuch, steigt auch hier die Luft „nach oben“ (Zeile 110).

Die Einzelstrukturieren der Konzepte ist somit folgende:

- Verbindung zwischen den drei Versuchen
 - ~~*Ausdehnung bei allen Aggregatzuständen*~~
Es hat alles mit Hitze zu tun. Bei allen ist was nach oben gestiegen oder halt voller oder größer geworden.
- Vorstellungen zum Aufbau der Materie
 - *Makroskopische Eigenschaften kleiner Teilchen*
Wasser sind so kleine Teilchen, die sind alle miteinander verbunden. Wenn das jetzt erwärmt wird, dann werden diese Teilchen vielleicht größer oder zusammengedrückt.
- Vorstellungen zur Ursache der Ausdehnung
 - *Wärme mit Stoffeigenschaften*
Hitze macht Druck. Dieser Druck lässt die Flüssigkeit nach oben steigen.

5.1.5 Michael

Michael ist 11 Jahre alt und der erste Interviewteilnehmer der zweiten Durchführung. Da er sich in der 5. Jahrgangsstufe befindet, ist zu vermuten, dass er weniger Erfahrung mit naturwissenschaftlichem Arbeiten, bzw. Unterricht sammeln konnte.

Für die Deutung seiner Beobachtungen benutzt Michael unterschiedliche Ansätze. Obwohl er gegen Ende des Interviews die Ausdehnung als Erklärung aller Phänomene nennt (Zeilen 86-99), tut er dies bei den einzelnen Versuchen selten. Der zweite und

dritte Versuch veranschaulicht für ihn vor allem das Phänomen, dass erwärmte Körper nach oben steigen (Zeilen 53-57) (Konzept *Verdampfung als Ursache der Phänomene*). Somit scheint Michael parallel und je nach Aggregatzustand mehrere Vorstellungen zu haben: die der Ausdehnung einerseits, und die des Hochsteigens der Stoffe andererseits. Bei der Beschreibung des dritten Versuches geht er kleinschrittig vor und überspringt auch nicht den Teil der Wärmeübertragung vom Wasser auf die Inhalte der Flasche: „das Wasser hat das Glas also die Luft innendrin und alles erwärmt und dann da ist dann der Luftballon aufgeblasen“ (Zeilen 28-29). Dabei beschreibt er nicht nur die Luft, die den Ballon aufbläst sondern auch den Dampf oder sogar Wasser, das nach oben steigt (Zeilen 36-38). Vermutlich ist das auch der Grund, warum seine Aufmerksamkeit bei dem 2. Versuch mehr auf dem Hochsteigen als auf dem Ausdehnen liegt (Zeilen 51-56). Das Ende des Interviews zeigt, dass Michael nicht nur mehrere Vorstellungen über die Phänomene hat, sondern sich auch unsicher ist, welche für den jeweiligen Versuch am passendsten sind. Er scheint die Beiträge seines Gesprächspartners nicht als Aufforderung zu sehen, seine Vorstellungen zu hinterfragen und zu verfeinern. Stattdessen ändert er seine Antworten häufig, in einem Versuch die „richtige“, oder die erwünschte zu finden (Zeilen 86-99). Von Teilchen, bzw. Atomen hat Michael schon gehört (Zeilen 67-68) und vermutet auch, dass diese sich bei Erwärmung ausdehnen (Zeilen 69-70) (Konzept *Makroskopische Eigenschaften des Teilchenmodells*). Allerdings betont er auch, dass das nur Vermutungen sind und er sich nicht sicher ist (Zeilen 72-75). Eine klare Verbindung stellt Michael jedoch zwischen den Experimenten her und tut dies nicht nur damit, dass bei allen Versuchen Wärme benutzt wurde, sondern auch, dass sich überall etwas „ausgebreitet“ hat (Zeile 48) (Konzept *Ausdehnung bei allen Aggregatzuständen*). Als Antwort auf die Frage ob das bei Erwärmung immer so wäre, begrenzt er das Phänomen allerdings wieder auf Metall und Wasser (Zeilen 77-81). Zu einer Erklärung für das Ausdehnen der Stoffe scheint er keine Vorstellungen zu haben (Zeile 66).

Die Einzelstrukturierung von Michaels Konzepten ist folgendermaßen:

- Verbindung zwischen den drei Versuchen
 - *Ausdehnung bei allen Aggregatzuständen*
 Alle Versuche wurden mit Hitze gemacht und die haben sich mit der Hitze immer ausgebreitet.
- Vorstellungen zum Aufbau der Materie

- *Makroskopische Eigenschaften kleiner Teilchen*
Wenn die Atome erhitzt werden, breiten die sich aus.
- Vorstellungen zur Ursache der Ausdehnung
 - *Verdampfung / Wärme die nach oben steigt*
Der Dampf ist gekochtes Wasser. Das Wasser und alles hat sich erwärmt und ist nach oben gekommen.

5.1.6 Max

Auf eigenen Wunsch wurden die Interviews von Max und Daniel nicht einzeln, sondern gemeinsam geführt. Aus diesem Grund ergab sich auch ein Transkript für beide Schüler (siehe Anhang, S. 43). Max ist mit 12 Jahren der ältere der beiden Jungen und besucht die 6. Klasse.

Max erklärt die Versuche mit der Ausdehnung der Materie und benutzt dafür das Wort „anschwellen“ (Zeile 92). Dieses Wort stellt er in Verbindung mit einer Reihe von anderen Erfahrungen, die aus der Alltagswelt stammen: Haut schwillt an, wenn man Fieber hat, oder von einer Mücke gestochen wurde (Zeilen 134-138). Da man als Folge dieser Erfahrungen auch eine erhöhte Körpertemperatur empfindet, stellt Max die Verbindung insbesondere zu dem zweiten Versuch her: Auch dort wurde mit „Hitze“ (Zeile 91) gearbeitet und das Wasser „wurde mehr“ (Zeilen 100-101). Somit zieht er die Schlussfolgerung, dass Wärme eine Vergrößerung der Menge, oder der Form eines Gegenstandes bewirkt (Zeilen 139-140). Dies formuliert er verallgemeinert und bezieht sich nicht nur auf einen Versuch (Zeilen 95-97) (Konzept *Ausdehnung bei allen Aggregatzuständen*). Außerdem wird durch die Beispiele die Max nennt, sichtbar, woher seine Vorstellungen stammen. Er benutzt vor allem Erfahrungen aus dem Alltag, um die vorliegenden Phänomene zu beschreiben und zu deuten. Für Max ist dabei nicht relevant, dass das Erwärmen und die Ausdehnung in den zwei Fällen in unterschiedlichen Verhältnissen stehen: Während sich bei den Versuchen die Stoffe als Folge der Erwärmung ausdehnen, schwillt die Haut als Reaktion des Mückenstiches an und die Erwärmung tritt lediglich als Begleiterscheinung auf. Vor allem in Anbetracht dessen, dass er noch keine Teilchenvorstellungen hat (Zeilen 112-113), spricht dies dafür, dass er sein aus alltäglichen Erfahrungen angesammeltes Wissen für die Deutung der Versuche verwendet.

Für Max ergibt sich folgende Einzelstrukturierung:

- Verbindung zwischen den drei Versuchen
 - *Ausdehnung bei allen Aggregatzuständen*
Hitze lässt andere Dinge generell anschwellen. Durch sie wird die Menge oder Form größer.
- Vorstellungen zum Aufbau der Materie
 - *Teilchenvorstellungen*
Ich habe noch nicht von Teilchen, Molekülen oder Atomen gehört.

5.1.7 Daniel

Verglichen mit Max, hat Daniel im Interview einen deutlich höheren Redeanteil. Auch seine Antworten auf die Aufgaben des Arbeitsblattes sind ausführlicher, vor allem in Bezug auf den ersten Versuch (siehe Arbeitsblatt, Anhang, S. 6). Er ist 11 Jahre alt und in der 5. Jahrgangsstufe.

Daniel benutzt für die Deutung der Versuche unterschiedliche Erklärungen, die in seiner Vorstellung nebeneinander zu existieren scheinen. Während er die Ausdehnung als Erklärung nicht ablehnt, was vor allem bei der Deutung des zweiten Versuches erkennbar ist (Zeilen 106-111), bezeichnet er die Wärme als Verbindung zwischen den drei Versuchen. Dabei verwendet er die Begriffe „Hitze“, „Wärme“ und „Energie“ als Synonyme (Zeile 44). Den ersten Versuch erklärt Daniel damit, dass nachdem die Kugel heiß geworden ist, ein Teil von ihr „verbrannt“ (Zeile 76) ist, wobei er damit vermutlich „geschmolzen“ meint. Er fährt nämlich mit der Erklärung fort, eine flüssige Schicht habe sich um die Kugel gelegt, die für das Größerwerden verantwortlich ist (Zeilen 82-84) (Konzept *Schichten, die sich um das Metall bilden*). Damit scheint er das Verständnis zu haben, dass durch das Schmelzen oder Verbrennen Materie nicht „verbraucht“ wird, sondern der Gegenstand im Volumen trotzdem größer werden kann. Außerdem betont er, dass dieser Prozess langsam geschieht, und trennt in dieser Hinsicht diesen Versuch von den anderen zwei (Arbeitsblatt). Die Versuche 2 und 3 werden mit der Vorstellung erklärt, dass Wasser, bzw. Luft nach oben steigt sobald es erwärmt wird. Als Beleg dafür benutzt er einerseits das Steigen des Wasserpegels in dem Erlenmeyerkolben (Zeile 105), sowie den „Wasserdampf“ (Zeile 27) in der Glasflasche des dritten Versuches (Konzept *Verdampfung als Ursache der*

Phänomene). Zur Veranschaulichung benutzt er das Beispiel des Wasserkreislaufes aus der Natur (Zeilen 148-151). Zusätzliche Erklärungen, womit die beobachteten Phänomene beschrieben werden könnten, gibt Daniel nicht. Auch eine Teilchenvorstellung ist nur bedingt vorhanden und er benutzt sie nicht für die Erklärung der Ausdehnung bei Erwärmung (Zeilen 112-116). Trotzdem formuliert er gegen Ende des Interviews den Satz als Fazit, dass sich Gegenstände als Folge der Erwärmung ausdehnen (Zeilen 128-131) (Konzept *Ausdehnung bei allen Aggregatzuständen*). Außerdem hat er auch von dem gegenteiligen Prozess eine Vorstellung und behauptet, dass bei Kälte sich alles „zusammendrückt“ (Zeile 146).

Daniels Einzelstrukturierung ergibt sich wie folgt:

- Verbindung zwischen den drei Versuchen
 - *Ausdehnung bei allen Aggregatzuständen*
Es geht bei den ganzen Stationen um Hitze, Energie, Wärme. Wenn man etwas erhitzt, dann dehnt sich das aus. Wenn es nicht mehr heiß ist oder gekühlt wird, dann drückt sich alles wieder zusammen.
- Vorstellungen zum Aufbau der Materie
 - *Teilchenvorstellungen*
Ich habe schon mal gehört von Molekülen.
- Vorstellungen zur Ursache der Ausdehnung
 - *Schichten, die sich um das Metall bilden*
Das Eisen wird heiß und dann wird ein kleines bisschen davon, aber nur ganz wenig, flüssig und das kommt dann an der Seite wieder direkt neu drauf.
 - *Verdampfung / Wärme, die nach oben steigt*
Durch die heiße Luft bläst sich der Luftballon auf. Da wir das Wasser erhitzen ist da ja Wasserdampf und der Wasserdampf steigt nach oben. Dadurch, dass es abkühlt, geht der Wasserdampf auch wieder aus dem Luftballon raus.

5.1.8 Julia

Julia ist 12 Jahre alt und in der 5. Klasse. Somit ist sie zwar die älteste Interviewteilnehmerin aus dieser Jahrgangsstufe, besucht aber ebenfalls noch keinen Physikunterricht.

Anhand des ersten Versuches kann Julia erkennen, dass sich durch die Hitze die Kugel „ausgebreitet“ hat (Zeile 41). Dieses Größerwerden bezieht sie auch auf andere Gegenstände, solange sie aus Metall bestehen (Zeilen 56-58). Allerdings versteht sie darunter weniger eine Ausdehnung des Metalls und erklärt es stattdessen mit einer zusätzlichen Schicht, die sich über die Metallkugel legt (Zeile 46) (Konzept *Schichten, die sich um das Metall bilden*). Julia scheint somit die Vorstellung zu haben, dass als direkte Folge der Erwärmung Stoffe entstehen können. Diese Rolle schreibt sie auch bei den anderen zwei Versuchen der Wärme zu: Die Wassersäule steigt auf, weil „aus der Hitze“ (Zeile 80) unten „Luft dazugekommen“ (Zeile 77) ist, und bei dem dritten Versuch bewirkt die Wärme, dass Luft „entsteht“ (Zeile 27). Luft scheint somit eine wichtige Rolle bei Julias Erklärung zu spielen, selbst dann, wenn das Wasser im Mittelpunkt der Versuchsdurchführung steht. Da bei Julia die Vorstellung der Ausdehnung nicht vorhanden ist, benutzt sie die „aus der Hitze entstehende Luft“, um die Phänomene zu deuten, selbst wenn die Luft nicht klar erkennbar ist, wie in dem 2. Versuch (Konzept *Luft ist „Nichts“*). Da diese Luft den Platz verbraucht, steigt die Wassersäule in dem Röhrchen, bzw. die warme Luft in den Luftballon.

Als Einzelstrukturierung der Konzepte ergibt sich für Julia Folgendes:

- Verbindung zwischen den drei Versuchen
 - *Ausdehnung bei allen Aggregatzuständen*
Die Kugel ist größer geworden. Das passiert öfters, wenn wir etwas erwärmen, aber bei Metall halt.
- Vorstellungen zum Aufbau der Materie
 - *Luft ist „Nichts“*
Das Wasser ist durch die Hitze hochgestiegen. Da ist noch Luft aus der Hitze unten dazugekommen. Es ist heiß geworden und dann entsteht irgendwie Luft.
- Vorstellungen zur Ursache der Ausdehnung
 - *Schichten, die sich um das Metall bilden*

Das Metall hat sich ausgebreitet, weil sich da irgendwie eine Schicht drum gebildet hat. Die Schicht kam aus der Hitze.

5.1.9 Diego

Diego ist mit 11 Jahren einer der jüngsten Teilnehmer an den Interviews. Er stellt außerdem den letzten Kandidaten des ersten Durchgangs dar.

Bei allen drei Versuchen kann Diego die Ausdehnung bei Erwärmung als Ursache erkennen. Zusätzlich dazu erkennt er auch die Gemeinsamkeit, die die Versuche haben, sobald sie sich wieder abkühlen: Wenn „sie kälter werden“, werden sie „auch wieder kleiner“ oder „weniger Luft“ (Zeilen 64-66) (Konzept *Ausdehnung bei allen Aggregatzuständen*). Als Unterschied nennt er die Zeitspanne, die benötigt wird um unterschiedliche Stoffe zu erwärmen: „die Metallkugel wird nicht so schnell heiß wie zum Beispiel Luft“ (Zeile 105). Die Beschreibung der Phänomene führt Diego detailreich durch und versucht auch keine Schritte zu überspringen: Im Falle des dritten Versuches erklärt er, wie das heiße Wasser erst die Glaswand der Flasche erwärmt und dass diese wiederum die Wärme an die Luft innendrin weitergibt (Zeilen 49-50). Somit hat er schon konkrete Vorstellungen zur Wärmeübertragung. Ursachen oder genauere Begründungen für die beobachteten Phänomene kann Diego allerdings nicht geben. Als Erklärung für die Ausdehnung bei Fluiden behauptet er lediglich, dass sie „mehr Platz“ brauchen (Zeilen 85-86). Auch wenn er nach eigenen Angaben noch nicht viele Erfahrungen mit Teilchenvorstellungen sammeln konnte (Zeilen 107-114), nimmt er sie als Erklärungshilfe bereitwillig an. Dabei erscheint es für ihn als logisch, wenn diese Teilchen bei Erwärmung auch ihre Größe verändern (Konzept *Makroskopische Eigenschaften des Teilchenmodells*). Es ist somit zu erkennen, dass Diego bei der Beobachtung und Beschreibung der Versuche keine Schwierigkeiten hat. Er erkennt auch bei allen dreien die Ausdehnung bei Erwärmung. Wenn es allerdings um die Vorstellungen zu den Erklärungen von diesen Phänomenen geht, kommen sowohl bei der Bearbeitung des Arbeitsblattes (siehe Anhang, S. 6) als auch während des Interviews keine umfangreichen Deutungen zustande.

Diegos Einzelstrukturierung sieht deshalb folgendermaßen aus:

- Verbindung zwischen den drei Versuchen
 - *Ausdehnung bei allen Aggregatzuständen*

Alles hat sich ausgedehnt. Und alle Versuche haben noch gemeinsam, dass sie, wenn sie kälter werden, auch wieder kleiner werden.

- Vorstellungen zum Aufbau der Materie
 - *Makroskopische Eigenschaften kleiner Teilchen*
Die Moleküle werden größer, breiten sich aus.

5.1.10 Tom

Tom ist der erste Interviewteilnehmer des dritten und letzten Blocks. Er ist 12 Jahre alt und in der 6. Jahrgangsstufe.

Die erste Erklärung für die Ausdehnung bei der erwärmten Metallkugel gibt in Toms Fall bereits Auskunft darüber, woher diese Vorstellung stammt. Er beschreibt ein Bild aus seinem Physikbuch, zu welchem er die Erklärung gelesen hat: „schwere Gegenstände“ „dehnen sich aus“ und „werden größer“ wenn sie erhitzt werden (Zeilen 23-27). Somit schreibt Tom die Fähigkeit sich auszudehnen erstmal nur einer Kategorie von Körpern zu, die er als „schwer“ bezeichnet und nennt die „Eisenkugel“ (Zeile 4) als Beispiel. Trotzdem sieht er auch bei den anderen Versuchen die Ausdehnung für die beobachteten Effekte verantwortlich. Auch wenn er darum gebeten wird eine allgemeine, abschließende Aussage über die Versuche zu machen, nennt er die Ausdehnung als Folge der Erwärmung (Zeilen 122-123) (Konzept *Ausdehnung bei allen Aggregatzuständen*). Allerdings wird als Verbindung zwischen den Versuchen vor allem die Tatsache genannt, dass alle „mit heißen Sachen zu tun“ haben (Zeile 67) und man bemerkt, dass neben der Ausdehnung auch andere Vorstellungen präsent sind. Den dritten Versuch erklärt Tom mit der Bemerkung, dass die Luft wegen der Erwärmung „raus will“ (Zeile 56) (Konzept *Anthropomorphe Erklärungen*). Das deutet auf die Vorstellung hin, dass es für die Luft genauso wie für den menschlichen Körper aufgrund von zu viel Erwärmung unangenehm werden könnte und sie als natürliche Reaktion sich dem entziehen möchte. Außerdem wird damit der Wärme die Eigenschaft zugeschrieben, Platz zu verbrauchen (Konzept *Wärme mit Stoffeigenschaften*). Da Tom die Luft trotzdem als etwas beschreibt, das sich ausdehnt, wenn es warm wird (Zeile 65), könnte dies dafür sprechen, dass beide dieser Vorstellungen bei ihm parallel vorhanden sind, oder er den Ablauf des Versuches in mehrere Schritte einteilt: Die Luft will wegen der Erwärmung weg, nachdem sie aber schließlich selbst erwärmt wurde, dehnt sie sich aus. Die

Teilchenvorstellung, die Tom besitzt, bezieht er auf gasförmige Körper und beschreibt sie als „Kügelchen, die in der Luft rumschwirren“ (Zeile 81). Interessant ist hierbei, dass er die Teilchen von der Luft trennt. Damit ist nicht die Luft ein aus Teilchen bestehendes Gas, sondern vielmehr der Zwischenraum zwischen den Teilchen (Konzept *Luft ist „Nichts“*). Die Kugelform, so wie auch die Vorstellung zur Ausdehnung von Metallen, stammt vermutlich aus Schulbuchdarstellungen. Die gängige Atomdarstellung ist schließlich von kugelförmigen Objekten dominiert. Wenn nun die Luft erwärmt wird, stellt sich Tom vor, dass diese Kügelchen „größer werden“ (Zeile 86) (Konzept *Makroskopische Eigenschaften des Teilchenmodells*). Da bei dem flüssigen, bzw. festen Körper ebenfalls ein „größer werden“ beobachtet wurde, vermutet Tom, dass dort genauso von Teilchen die Rede sein kann (Zeile 91). Somit erkennt er bei allen drei Versuchen die thermische Ausdehnung und verallgemeinert dies sogar, indem er behauptet, dass das generell für Gegenstände zutrifft und bei allem, was er „bis jetzt gesehen“ (Zeile 126) hat der Fall war (Zeilen 122-126).

Seine Einzelstrukturierung ergibt sich demnach folgendermaßen:

- Verbindung zwischen den drei Versuchen
 - *Ausdehnung bei allen Aggregatzuständen*
Wenn man einen Gegenstand erhitzt, dehnt er sich aus und verbraucht dann mehr Platz.
- Vorstellungen zum Aufbau der Materie
 - *? Luft ist „Nichts“*
Atome sind vielleicht so gasförmige Kügelchen, die in der Luft irgendwie herumschwirren.
 - *Makroskopische Eigenschaften kleiner Teilchen*
Atome sind vielleicht so gasförmige Kügelchen, die in der Luft irgendwie herumschwirren.
- Vorstellungen zur Ursache der Ausdehnung
 - *? Wärme mit Stoffeigenschaften*
Die Flasche wird erwärmt und dann kann es sein, dass die Luft raus will, weil es in diesem Teil sehr heiß wird, aber nicht raus kann. Die Luft ist vielleicht warm geworden und dehnt sich aus.
 - *Anthropomorphe Erklärungen*

Die Flasche wird erwärmt und dann kann es sein, dass die Luft raus will, weil es in diesem Teil sehr heiß wird, aber nicht raus kann und dann in diesen Luftballon rein.

5.1.11 Heike

Ebenso wie Tom ist Heike 12 Jahre alt und besucht die 6. Klasse. Aus diesem Grund hat auch sie schon mit naturwissenschaftlichem Unterricht Erfahrungen gemacht.

Für Heike ist keines der Versuche eine passende Veranschaulichung der Ausdehnung bei Erwärmung. Dass Materie sich ausdehnen kann, scheint für sie nicht plausibel zu sein, was vor allem bei ihrem Versuch, das dritte Experiment zu erklären, deutlich wird. So wie sie auch bei dem zweiten Versuch vermutet, dass durch die Glaswand Wasser in das Gefäß eingedrungen sein muss (siehe Arbeitsblatt), erklärt sie das Größerwerden des Luftballons damit, dass „Luft reingekommen“ (Zeile 84) sein muss. Selbst nach Versicherung ihres Gesprächspartners, dass sich in der Flasche keine Löcher befinden, erscheint ihr diese Erklärung immer noch am plausibelsten (Zeilen 85-87) und sie lehnt die Erklärung der Ausdehnung der Materie direkt ab (Zeilen 107-109) (Konzept ~~Ausdehnung bei allen Aggregatzuständen~~). Auch bei dem Versuch mit der Metallkugel scheint sich Heike keine dehnbare Materie vorstellen zu können. Dass sich die Kugel vergrößert hat, kommt auf Kosten eines Hohlraumes innerhalb der Kugel, welcher mit Luft gefüllt ist (Zeilen 43-45). Somit scheint Heike „Luft“ mit „Nichts“ bzw. „Vakuum“ gleichzusetzen (Konzept *Luft ist „Nichts“*). Diesen Hohlraum vergleicht sie später auch mit dem aufgeblasenen Luftballon (Zeilen 115-116), was von Neuem für eine nicht vorhandene Vorstellung zur Ausdehnung der Materie spricht. Der Vergleich geschieht auf der Ebene der beobachtbaren Objekte: Der Luftballon wird mit der Kugel verglichen, und nicht die sich ausdehnende Luft mit dem sich ausdehnenden Metall. Auf ihrem Arbeitsblatt beschreibt sie allerdings, wie die Kugel „größer geworden“ (siehe Anhang, S. 7) ist. Dabei gibt sie explizit an, dass sie „mit Feuer“ (siehe Anhang, S. 7) erwärmt wurde. Daraus kann geschlossen werden, dass Heike dem Bunsenbrenner eher die Fähigkeit zuschreibt, einen Gegenstand zu erwärmen, als das heiße Wasser aus den anderen Versuchen.

Die Einzelstrukturierung von Heikes Konzepten sieht folgendermaßen aus:

- Verbindung zwischen den drei Versuchen

- ~~Ausdehnung bei allen Aggregatzuständen~~
- Vorstellungen zur Aufbau der Materie
 - *Luft ist „Nichts“*

Nachdem die Kugel heiß gemacht wurde, geht die so raus und innen wird die hohl. Innendrin ist dann Luft.

5.1.12 Felix

Felix ist der zwölfte und damit letzte Interviewteilnehmer dieser Erhebung. Er befindet sich in der 5. Jahrgangsstufe und ist 11 Jahre alt.

Felix kann sich an die zwei Versuche, die vor den Einzelinterviews gezeigt wurden, gut erinnern. Den Versuch mit der bunten Flüssigkeit erklärt er mit der verallgemeinerten Regel „heiß geht nach oben“ (Zeile 21). Den Versuch mit der Metallkugel erklärt er ebenfalls nicht mit dem Phänomen der Ausdehnung, zumindest nicht eindeutig. Zwar spricht er davon, dass sich das Metall „ausgebreitet“ hat (Zeile 24), begründet das aber damit, dass das Metall geschmolzen sein muss (Zeile 23; Arbeitsblatt). Das kann auf die Vorstellung zurückzuführen sein, dass Metall an sich nicht dehnbar ist, sondern nur durch eine zusätzliche äußere Schicht ihr Volumen vergrößert. (Konzept *Schichten, die sich um das Metall bilden*). Die beiden ersten Versuche werden also nicht durch die Ausdehnung erklärt und haben auch nach einer Nachfrage scheinbar nichts miteinander zu tun (Zeilen 25-26) (Konzept ~~Ausdehnung bei allen Aggregatzuständen~~). Eine Verbindung zieht Felix vorerst lediglich zu dem dritten Versuch, indem er nach dessen Durchführung die Vermutung aufstellt, dass die Luft in der Flasche auch „nach oben geht“ (Zeile 75) und sich als Folge dessen der Luftballon aufbläst. Er erwähnt auch, dass man wohl das Gleiche beobachten würde, wenn Wasser in der Flasche wäre (Zeile 74) und macht damit eine noch eindeutigere Anspielung auf den zweiten Versuch. Das könnte auch die Erklärung dafür sein, warum er die Luft als „nach oben“ steigend beschreibt (Zeile 75) obwohl er die waagerechte Richtung des Flaschenhalses zu meinen scheint (Zeilen 79-88) (Konzept *Wärme, die nach oben steigt*). In dieser Vorstellung scheint auch das Konzept enthalten zu sein, dass Wärme Stoffeigenschaften besitzt, Raum einnimmt und in diesem Fall die Luft verdrängt. Dies wird darin deutlich, dass er beschreibt, wie der Luftballon bei zu viel Wärme „weg will“ (Zeile 48). In seiner Beschreibung räumt Felix somit der Wärme die Fähigkeit (Konzept *Anthropomorphe Erklärung*) zu, die

Luft und den Luftballon wegzudrängen, zu verscheuchen. Eine Verbindung wird gegen Ende des Interviews auch zwischen dem ersten und dem letzten Versuch gemacht, da bei beiden etwas „auseinandergedehnt“ wurde (Zeile 129). Nachdem die Ausdehnung als Erklärungsmöglichkeit angeboten wird, nimmt Felix sie bereitwillig an (Zeilen 115, 118) und überträgt sie auch auf alle drei Versuche. Allerdings ist immer noch die Komponente des „Hochsteigens“ darin zu erkennen, wie er behauptet, das Wasser habe sich „nach oben ausgedehnt“ (Zeile 141). Felix scheint somit zu erkennen, dass bei allen drei Versuchen das gleiche Phänomen, nämlich die thermische Ausdehnung, zu beobachten ist (Konzept *Ausdehnung bei allen Aggregatzuständen*), trotzdem wird dies durch die Vorstellung beeinflusst, erwärmte Dinge müssten nach oben steigen. Außerdem hat Felix auch einen Sinn dafür, dass sich Gegenstände wieder zusammenziehen, wenn sie nicht mehr erwärmt werden. Das bezieht er allerdings wieder auf die Vorstellung des Hochsteigens, bzw. „wieder raus“-kommens (Zeilen 94-101).

Die Einzelstrukturierung ergibt sich wie folgt:

- Verbindung zwischen den drei Versuchen
 - *? Ausdehnung bei allen Aggregatzuständen*
 Es ist alles mit Erwärmung. Sie hat hier aufgeblasen, da nach oben gestiegen und bei der Kugel ist die wie beim Luftballon so auseinandergedehnt worden. Es klingt logisch, dass die Luft nicht nach oben gegangen ist, sondern sich ausgedehnt hat.
- Vorstellungen zur Ursache der Ausdehnung
 - *Schichten, die sich um das Metall bilden*
 Bei der Kugel schmilzt das Metall und wird irgendwie ausgebreitet oder so.
 - *Wärme, die nach oben steigt*
 Das Wasser und die rote Farbe sind weiter hochgestiegen, weil heiß geht nach oben. Wenn man das Wasser drüber schüttet, ist es gleich wie wenn es drinnen ist: Die heiße Luft geht dann nach oben.
 - *Anthropomorphe Erklärungen*
 Könnte sein, dass der Luftballon abfliegt. Dadurch, dass Wärme kommt, will er dann weg, sozusagen.

5.2 Verallgemeinerung und Diskussion

Angelehnt an Gropengießer (2008) werden die Verallgemeinerungen der einzelnen Konzepte in tabellarischer Form dargestellt (S. 182f). Die linke Seite bietet dabei jeweils den Überblick der Konzepte, wie sie durch die einzelnen Schülerinnen und Schüler geprägt sind. Die Formulierungen dafür wurden den Einzelstrukturierungen entnommen. Auf der rechten Seite befindet sich jeweils die Verallgemeinerung des Konzeptes. Bei dessen Erstellung wurde versucht, möglichst alle relevanten Aspekte der einzeln beschriebenen Konzepte zu berücksichtigen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit erfolgt die kurze Diskussion direkt in Anschluss an die jeweilige Tabelle.

Verallgemeinerung des Konzeptes <i>Schichten, die sich um das Metall bilden</i>	
Lena Die Metallkugel ist innen komplett ausgefüllt und besteht aus mehreren Schichten. Nach Erwärmung hat sich eine neue Schicht drüber gebildet.	Metall wird bei Erwärmung dadurch größer, dass ein Teil der Materie schmilzt und sich als neue Schicht darüberlegt.
Lydia Das Metall ist etwas geschmolzen und dadurch größer geworden. Es hat sich etwas verbreitet, gedehnt, ausgebreitet.	
Daniel Das Eisen wird heiß und dann wird ein kleines bisschen davon, aber nur ganz wenig, flüssig und das kommt dann an der Seite wieder direkt neu drauf.	
Julia Das Metall hat sich ausgebreitet, weil sich da irgendwie eine Schicht drum gebildet hat. Die Schicht kam aus der Hitze.	
Felix Bei der Kugel schmilzt das Metall und wird irgendwie ausgebreitet oder so.	

Tabelle 5: Verallgemeinerung des Konzeptes "Schichten, die sich um das Metall bilden"

Dieses Konzept zur thermischen Ausdehnung von Metall ist vor allem durch zwei Aspekte geprägt: Erstens wird die Materie als nicht „dehnbar“ betrachtet und zweitens spielt das Schmelzen eine große Rolle. Letzteres wurde bei der Versuchsdurchführung dieser Erhebung vermutlich dadurch unterstützt, dass um die Flamme des Bunsenbrenners das „Zittern“ der heißen Luft beobachtbar war und die Oberfläche der Kugel zu „schwitzen“ schien. Auch wenn die Kugel offensichtlich nicht begonnen hat

zu schmelzen, können diese Beobachtungen genug Anlass gewesen sein um diese Vorstellung hervorzurufen oder zu unterstützen.

Verallgemeinerung des Konzeptes <i>Verdunstung/Verdampfung/Wärme, die nach oben steigt</i>	
Lena: Verdunstung Luft und Wasser verdunsten und steigen nach oben. Damit haben die Versuche 2 und 3 zu tun.	Erwärmtes Wasser und Verdunstung oder Wasserdampf steigen nach oben.
Lydia: Verdunstung Verdunstete Luft wurde durch die Hitze in den Luftballon transportiert.	
Michael: Verdampfung Der Dampf ist gekochtes Wasser. Das Wasser und alles hat sich erwärmt und ist nach oben gekommen.	
Daniel: Verdampfung Durch die heiße Luft bläst sich der Luftballon auf. Da wir das Wasser erhitzen ist da ja Wasserdampf und der Wasserdampf steigt nach oben. Dadurch, dass es abkühlt, geht der Wasserdampf auch wieder aus dem Luftballon raus.	
Felix: Wärme Das Wasser und die rote Farbe sind weiter hochgestiegen, weil heiß geht nach oben. Wenn man das Wasser drüber schüttet, ist es gleich wie wenn es drinnen ist: Die heiße Luft geht dann nach oben.	

Tabelle 6: Verallgemeinerung des Konzeptes "Verdunstung/Verdampfung/Wärme, die nach oben steigt"

Dieses Konzept wurde anhand der Diskussionen über die zwei Versuche mit den fluiden Stoffen sichtbar. Unterstützt wurde dies vermutlich durch den jeweiligen Versuchsaufbau, sowie aus alltäglichen Erfahrungen. Während bei dem zweiten Versuch ein offensichtliches Hochsteigen des Pegelstandes in dem Röhrchen zu beobachten war, wurden auch beim dritten Versuch häufig ähnliche Aussagen gemacht, selbst nachdem sich die Flasche nach Optimierung des Versuchsaufbaus nicht mehr in schräger Position befand, sondern komplett waagerecht lag (vgl. Felix: Transkript, Anhang S. 76). Zu vermuten ist, dass die Erfahrungen aus dem Alltag zum größten Teil für die Bildung dieses Konzeptes verantwortlich sind. Schließlich dürfte jedem Schüler und jeder Schülerin aus eigener Erfahrung bekannt sein, dass man durch das Halten der eigenen Hand über einen Heizkörper bereits spüren kann, wie warme Luft aufsteigt. Außerdem ist aus früherer Forschung bekannt, dass Kinder im gleichen Alter wie die dieser Untersuchung häufig die Vorstellung besitzen, Wärme bringe

Dinge generell zum hochsteigen (Duit, 1986, S. 33). Diese Erkenntnis deckt sich auch mit den meisten Erklärungen, die im Rahmen dieser Interviews zu den Versuchen 2 und 3 gegeben wurden.

Verallgemeinerung des Konzeptes <i>Makroskopische Eigenschaften kleiner Teilchen</i>	
Lena Das Eisen besteht aus Elementarmagneten. Bei Hitze werden die größer und breiten sich aus.	Materie besteht aus kleinen Teilchen, die bei Erwärmung größer werden, sich ausdehnen.
Anna Wasser sind so kleine Teilchen, die sind alle miteinander verbunden. Wenn das jetzt erwärmt wird, dann werden diese Teilchen vielleicht größer oder zusammengedrückt.	
Michael Wenn die Atome erhitzt werden, breiten die sich aus.	
Diego Die Moleküle werden größer, breiten sich aus.	
Tom Atome sind vielleicht so gasförmige Kügelchen, die in der Luft irgendwie herumschwirren.	

Tabelle 7: Verallgemeinerung des Konzeptes "Makroskopische Eigenschaften kleiner Teilchen"

Für die Erklärungen der Phänomene dieser Untersuchung wurde das Teilchenmodell von keinem der Schülerinnen oder Schüler selbstständig herangezogen. Falls es jedoch angeboten wurde, fand es positive Resonanz und schien in der Regel aufschlussreich zu sein. Diese Erkenntnis deckt sich auch mit früheren Forschungsergebnissen (Duit, 1986, S. 33). Die Zuordnung makroskopischer Eigenschaften zu dem Teilchenmodell wurde ebenfalls bereits an mehreren Stellen dokumentiert (Duit, 2010, S. 7) und steht somit im Einklang zu den Ergebnissen dieser Erhebung.

Verallgemeinerung des Konzeptes <i>Wärme mit Stoffeigenschaften</i>	
Lukas In dem Wasser ist etwas, das es nach oben hält. Diese Hitze verbraucht ein bisschen Platz.	Hitze ist ein Stoff, der Platz verbraucht und andere Stoffe verdrängt.
Lydia Die Hitze nimmt dem Metall den Platz im Inneren weg. Das Wasser ist hochgekommen, weil dort die Hitze den Platz verbraucht.	

Anna Hitze macht Druck. Dieser Druck lässt die Flüssigkeit nach oben steigen.	
---	--

Tabelle 8: Verallgemeinerung des Konzeptes "Wärme mit Stoffeigenschaften"

Auch das Konzept der „Wärme“ oder „Hitze“ als eine Substanz mit Stoffeigenschaften wurde schon an mehreren Stellen in der Forschung nachgewiesen (Kasper, 2011, S. 32). Im Rahmen dieser Erhebung bestand das Konzept vor allem aus Vorstellungen, die Wärme die Eigenschaft zuschreiben Platz zu verbrauchen und andere Stoffe oder Gegenstände zu verdrängen. Interessant ist hierbei, dass dies nicht nur als Erklärung für die Versuche mit fluiden Stoffen genutzt wurde, sondern auch im Falle des ersten Versuches mit der Metallkugel (vgl. Lydia: Transkript, Anhang S. 21).

Verallgemeinerung des Konzeptes <i>Luft ist „Nichts“</i>	
Julia Das Wasser ist durch die Hitze hochgestiegen. Da ist noch Luft aus der Hitze unten dazugekommen. Es ist heiß geworden und dann entsteht irgendwie Luft.	Durch Hitze kann Luft in Stoffen entstehen.
Heike Nachdem die Kugel heiß gemacht wurde, geht die so raus und innen wird die hohl. Innendrinne ist dann Luft.	

Tabelle 9: Verallgemeinerung des Konzeptes "Luft ist 'Nichts'"

Dieses Konzept wurde jeweils in Situationen erkenntlich, wenn an den Versuchen nicht die Ausdehnung der Stoffe beobachtet wurde. Zwar wurde beschrieben wie sich die Kugel vergrößerte, bzw. das Wasser in dem Röhrchen höher stieg, doch wurde dies damit verbunden, dass als Folge dessen, Raum in den Gefäßen oder Stoffen frei wurde. Teilweise wurde deshalb der Luft eine aktive Rolle zugeschrieben, nämlich dass sie durch die Hitze entsteht und sich mit dem Stoff, in diesem Fall Wasser, den Raum teilt (vgl. Julia Transkript, Anhang S. 51). Auf der anderen Seite wurde Luft auch eine passive Rolle zugeschrieben: Sie ist der „Platzhalter“ im inneren des Metalls und füllt den entstandenen „Hohlraum“ aus (vgl. Heike Transkript, Anhang S. 70). Das lässt darauf schließen, dass „Luft“ und „Nichts“ in dieser Vorstellung gleichgesetzt werden, was im Kontext des Teilchenmodells auch anhand anderer Studien beobachtet werden konnte (Mikelskis-Seifert, 2009, S. 16f).

Weitere Konzepte

Tom: Anthropomorphe Erklärungen

Die Flasche wird erwärmt und dann kann es sein, dass die Luft raus will, weil es in diesem Teil sehr heiß wird, aber nicht raus kann und dann in diesen Luftballon rein.

Felix: Anthropomorphe Erklärungen

Könnte sein, dass der Luftballon abfliegt. Dadurch, dass Wärme kommt, will er dann weg, sozusagen.

Lena: Magnetische Reaktionen

Wenn die Metallkugel erwärmt wird, sind die Elementarmagnete ungeordnet und dehnen sich aus. Dadurch ist sie nicht mehr magnetisch und wird größer.

Tabelle 10: Weitere Konzepte

Bei den Konzepten aus dieser Tabelle bietet es sich nicht wie bei den anderen an, eine Verallgemeinerung durchzuführen. Der Vollständigkeit halber sind sie trotzdem aufgeführt, und erlauben eine weitere Beschreibung vorhandener Vorstellungen. Während die Beschreibungen, die aus dem Bereich des Magnetismus stammen ein klares Indiz über deren Ursprung geben, nämlich den vorangegangenen Physikunterricht, deuten die anthropomorphen Erklärungen darauf hin, dass ein „orientierender Zugang“ (Duit, 2002, S. 2) zur Deutung eines neuen Phänomens gesucht wurde. Solche eher „spielerischen“ Ansätze, die den Stoffen menschliche Fähigkeiten, wie in diesem Fall der Luft den Willen, zuschreiben, kann man vor allem bei jüngeren Schülerinnen und Schülern beobachten, teilweise aber auch bei älteren noch erkennen (ebd., S. 2).

5.3 Abschließende Betrachtung

All diese Konzepte, auch in verallgemeinerter Form, machen deutlich wie vielfältig Schülervorstellungen auch im Themenbereich Ausdehnung bei Erwärmung sein können. Die Auswertung der Ergebnisse, beginnend von der Explikation bis hin zur Verallgemeinerung herausgearbeiteter Konzepte, hat gezeigt, dass diese Vorstellungen von zahlreichen Faktoren beeinflusst werden können. Neben ihren Quellen aus alltäglichen oder unterrichts-bezogenen Kontexten, können sie sich auch erst bei der Beobachtung von Phänomenen bilden. Das verdeutlicht die Bedeutsamkeit einer reflektierten und durchdachten Veranschaulichung der Phänomene. Bei den Experimenten muss beispielsweise darauf geachtet werden, in welchem Maße an erwartete Vorstellungen angeknüpft werden kann. Konkret bedeutet das für den

Versuch mit der Flasche und dem Luftballon, dass soweit möglich, die Komponente der aufsteigenden Luft aus der Betrachtung herausgenommen wird, um nicht von der Ausdehnung abzulenken. Außerdem darf nicht vergessen werden, dass sich die Vorstellungen zu den Versuchen auch gegenseitig beeinflussen können, insbesondere wenn sie hintereinander vorgeführt werden.

Kennt man allerdings die Charakteristika einzelner Vorstellungen, kann man gezielt darauf im Unterricht oder bei ähnlichen empirischen Untersuchungen anknüpfen und aufbauen. Dadurch können immer entscheidendere und aussagekräftige Erkenntnisse gesammelt werden. In Anbetracht dieser Erhebung bedeutet das beispielsweise ein konkretes Berücksichtigen der Vorstellungen „Metall vergrößert sich durch zusätzliche Schichten“, „Wärme lässt generell Dinge nach oben steigen“, oder „Wärme besitzt Stoffeigenschaften“.

6 Schlussfolgerung und Ausblick

Der Fokus dieser Untersuchung lag auf der Erhebung von Schülervorstellungen zu dem physikalischen Thema Ausdehnung bei Erwärmung. Das Ziel war jedoch, nicht bloß eine Auflistung von möglichen Vorstellungen bereitzustellen, sondern auf längere Sicht zu diesem Thema eine Verbesserung der Vermittlungssituationen im Unterricht zu unterstützen. Deswegen sollten insofern Daten gesammelt und ausgewertet werden, als sie sich für die qualitative Beschreibung der Vorstellungen eignen. Dafür bot sich das Erhebungsverfahren des Leitfadenterviews in Verbindung mit der Auswertungsmethode der qualitativen Inhaltsanalyse besonders an.

Wie sich gezeigt hat, decken sich die Ergebnisse in vielerlei Hinsicht mit denen aus vorangegangenen Studien. Dabei wurden jedoch noch weitere Vorstellungen gesammelt und beschrieben, die Phänomenen verschiedener Aggregatzustände spezifisch sind. Einerseits können sie nun als Grundlage für weitere großräumige, quantitative Untersuchungen dienen, deren Ziel es ist, die Häufigkeit des Auftretens der hier analysierten Vorstellungen zu erheben. Andererseits wird vor allem erhofft, dass sie eine der Praxis des Lehrerberufs nähere Anwendung finden. Etwa die fachliche und didaktische Strukturierung des Unterrichts zu diesem Thema dadurch zu unterstützen, dass Anknüpfungspunkte zwischen den Schülervorstellungen und den fachlichen Erklärungen geboten werden.

7 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Die Phasen der konstruktivistischen Unterrichtsstrategie von Driver ...	9
Abbildung 2: „Johnstone-Dreieck“	12
Abbildung 3: Grundbegriffe der Wärmelehre.....	14
Abbildung 4: Fachdidaktisches Triplet: Beziehungsgefüge der Teilaufgaben im Modell der Didaktischen Rekonstruktion	19
Abbildung 5: "Metallkugel und Ring"	24
Abbildung 6: "Flüssigkeitsthermometer“.....	25
Abbildung 7: "Glasflasche und Luftballon"	26
Tabelle 1:Ausschnitt aus Interviewleitfaden.....	29
Tabelle 2: Ausschnitt aus Interviewleitfaden.....	30
Tabelle 3: Ausschnitt aus Leitfadeninterview.....	30
Tabelle 4: Notationsregeln der Transkription	32
Tabelle 5: Verallgemeinerung des Konzeptes "Schichten, die sich um das Metall bilden"	57
Tabelle 6: Verallgemeinerung des Konzeptes "Verdunstung/Verdampfung/Wärme, die nach oben steigt"	58
Tabelle 7: Verallgemeinerung des Konzeptes "Makroskopische Eigenschaften kleiner Teilchen"	59
Tabelle 8: Verallgemeinerung des Konzeptes "Wärme mit Stoffeigenschaften"	60
Tabelle 9: Verallgemeinerung des Konzeptes "Luft ist 'Nichts'"	60
Tabelle 10: Weitere Konzepte.....	61

8 Literaturverzeichnis

- Duit, R. (1986). Wärmeverstellungen. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/Chemie*, 34 (13), 30-33.
- Duit, R. (1993). Schülervorstellungen – von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 4 (16), 4-10.
- Duit, R. (2002). Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In E. Kircher & W. B. Schneider (Hrsg.), *Physikdidaktik in der Praxis* (S. 1-26). Berlin: Springer.
- Duit, R. (2010). Wege in die Wärmelehre. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 21 (115), 4-7.
- Flick, U., Kardoff, E. & Steinke, I. (Hrsg.). (2012). *Qualitative Forschung – Ein Handbuch* (9. Aufl.). Hamburg: Rowohlt.
- Fritzsche, K. & Duit, R. (2000). Grundbegriffe der Wärmelehre – aus Schülervorstellungen entwickelt. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 11 (60), 22-25.
- Gropengießer, H. (2008). Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung. In P. Mayring & M. Gläser-Zikuda (Hrsg.), *Die Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse* (2. Aufl.) (S. 172-189). Weinheim: Beltz.
- Häußler, P., Bünder, W., Duit, R., Gräber, W., & Mayer, J. (1998). *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung – Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. Kiel: IPN.
- Hessisches Kultusministerium (2010). *Lehrplan Physik – Gymnasialer Bildungsgang. Jahrgangsstufen 6G bis 9G*. Verfügbar unter <https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/g8-physik.pdf> [19.12.2017].
- Hessisches Kultusministerium (2010). *Lehrplan Physik – Gymnasialer Bildungsgang. Jahrgangsstufen 7 bis 13*. Verfügbar unter <https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/g9-physik.pdf> [19.12.2017].
- Hessisches Kultusministerium (2015). *Bildungsstandards und Inhaltsfelder. Das neue Kerncurriculum für Hessen. Sekundarstufe I – Gymnasium. Chemie*. Verfügbar

unter https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/kerncurriculum_chemie_gymnasium.pdf [19.12.2017].

Hessisches Kultusministerium (2015). *Bildungsstandards und Inhaltsfelder. Das neue Kerncurriculum für Hessen. Sekundarstufe I – Gymnasium. Physik*. Verfügbar unter https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/kerncurriculum_physik_gymnasium.pdf [19.12.2017].

Hopf, C. (2012). Qualitative Interviews – ein Überblick. In U. Flick, E. Kardoff & I. Steinke (Hrsg.), *Qualitative Forschung – Ein Handbuch* (349-360). Hamburg: Rowohlt.

Kasper, L. (2011). Kälteatome, Wärmeatome und feine Wärme Flüssigkeiten. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 22 (122), 32-36.

Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3 (3), 3-18.

Kattmann, U. (2003). Verstehen von Schülern verstehen (lernen). In H. Gropengießer, *Wie man Vorstellungen der Lerne verstehen kann* (7-8). Oldenburg: Didaktisches Zentrum.

Kelle, U. & Erzberger, C. (2012). Qualitative und quantitative Methoden: kein Gegensatz. In U. Flick, E. Kardoff & I. Steinke (Hrsg.), *Qualitative Forschung – Ein Handbuch* (299-309). Hamburg: Rowohlt.

Kircher, E. (1995). *Studien zur Physikdidaktik*. Kiel: IPN.

Kircher, E. (2015). Methoden im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik – Theorie und Praxis* (3. Aufl.) (141-192). Berlin: Springer Spektrum.

Krüger, D. & Riemeier, T. (2014). Die qualitative Inhaltsanalyse – eine Methode zur Auswertung von Interviews. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 133-145). Berlin: Springer Spektrum.

- Mayring, P. (2012). Qualitative Inhaltsanalyse. In U. Flick, E. Kardoff & I. Steinke (Hrsg.), *Qualitative Forschung – Ein Handbuch* (468-475). Hamburg: Rowohlt.
- Mikelskis-Seifert, S. (2009). Lernen über Modelle – Am Beispiel der Teilchenstruktur der Materie. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, 7 (58), 15-21.
- Mikelskis-Seifert, S & Leisner-Bodenthin, A. (2010). Die Modellmethode. In S. Mikelskis-Seifert & T. Rabe (Hrsg.), *Physik-Methodik: Handbuch für die Sekundarstufe I und II* (2. Aufl.) (15-29). Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Mikelskis-Seifert, S. & Kasper, L. (2011). Modellieren in der Physik, im Alltag und im Unterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 22 (122), 4-12.
- Niebert, K. & Gropengießer, H. (2014). Leitfadengestützte Interviews. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 121-132). Berlin: Springer Spektrum.
- Raithel, J. (2008). *Quantitative Forschung – Ein Praxiskurs* (2. Aufl.). Wiesbaden: VS Verlag.
- Reich, K. (2012). *Konstruktivistische Didaktik* (5. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Rincke, K. & Leisen, J. (2015). Sprache im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik – Theorie und Praxis* (3. Aufl.) (S. 635-655). Berlin: Springer Spektrum.
- Schecker, H., Parchmann, I. & Krüger, D. (2014). Formate und Methoden naturwissenschaftsdidaktischer Forschung. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 2-15). Berlin: Springer Spektrum.
- Schmidt, C. (2012). Analyse von Leitfadeninterviews. In U. Flick, E. Kardoff & I. Steinke (Hrsg.), *Qualitative Forschung – Ein Handbuch* (447-456). Hamburg: Rowohlt.

- Schmidt, S. & Parchmann, I. (2011). Schülervorstellungen – Lernhürde oder Lernchance?. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, 60 (3), 15-20.
- Wiesner, H. (2008). Physikunterricht – an Schülervorstellungen orientiert. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*, 57 (6), 4-5.
- Wiesner, H., Schecker, H. & Hopf, M. (Hrsg.). (2015). *Physikdidaktik kompakt*. Aulis Verlag.

9 Anhang

Interviewleitfaden.....	1
Arbeitsblatt Seite A.....	3
Arbeitsblatt Seite B.....	4
Antworten der Arbeitsblatt-Aufgaben.....	5
A1: Lena Transkript.....	8
A2: Lena redigierte Aussagen.....	13
A3: Lena geordnete Aussagen.....	14
B1: Lukas Transkript.....	15
B2: Lukas redigierte Aussagen.....	19
B3: Lukas geordnete Aussagen.....	20
C1: Lydia Transkript.....	21
C2: Lydia redigierte Aussagen.....	27
C3: Lydia geordnete Aussagen.....	29
D1: Anna Transkript.....	30
D2: Anna redigierte Aussagen.....	35
D3: Anna geordnete Aussagen.....	36
E1: Michael Transkript.....	37
E2: Michael redigierte Aussagen.....	41
E3: Michael geordnete Aussagen.....	42
F1: Max & Daniel Transkript.....	43
F2: Max & Daniel redigierte Aussagen.....	48
F3: Max geordnete Aussagen.....	49
F4: Daniel geordnete Aussagen.....	50
G1: Julia Transkript.....	51
G2: Julia redigierte Aussagen.....	54
G3: Julia geordnete Aussagen.....	55
H1: Diego Transkript.....	56
H2: Diego redigierte Aussagen.....	61

H3: Diego geordnete Aussagen.....	62
I1: Tom Transkript.....	63
I2: Tom redigierte Aussagen.....	68
I3: Tom geordnete Aussagen.....	69
J1: Heike Transkript.....	70
J2: Heike redigierte Aussagen.....	75
J3: Heike geordnete Aussagen.....	76
K1: Felix Transkript.....	76
K2: Felix redigierte Aussagen.....	81
K3:Felix geordnete Aussagen.....	82
Eigenständigkeitserklärung.....	84

Interviewleitfaden

INTERVENTIONEN	ERWARTETE VORSTELLUNGEN	BEMERKUNGEN
Erkläre mir bitte, was du auf deinem AB geschrieben hast.		Wenn nötig, bei einzelnen Aspekten nachhaken. (z.B. Erklärung des Phänomens (Teilchenmodell?))
Vorführung Experiment: Flasche mit Luftballon in Wasserschale		
Was konntest du beobachten?	Der Luftballon blies sich leicht auf.	Nur beschreiben lassen
Wieso glaubst du ist das so passiert?	Luft ist mehr geworden/hat sich „aufgebläht“	
Welche Rolle hat dabei das warme Wasser, in das wir die Flasche gestellt haben, gespielt?	Es hat die Flasche erwärmt	Aufmerksamkeit wird auf das Erwärmen gezogen. Evtl. nachhaken. Genauer erklären lassen.
Wie kann man sich vorstellen, was innendrin in diesem Luftballon/in dieser Flasche passiert ist?	Teilchenmodell?	Eingehen auf frühere Formulierungen + Nachhaken: Woraus besteht die Luft in der Flasche? (Teilchen einführen?)
Du hast kleine Teilchen erwähnt. Kannst du noch einmal erklären, was du damit meinst?		Nochmal erklären lassen/vertiefen
Was glaubst du passiert mit diesen Teilchen?	Makroskopische Eigenschaften der Teilchen	
Was machen sie, wenn die Flasche (oder sie) erwärmt wird?	Makroskopische Eigenschaften der Teilchen	
Bezug zu den anderen Experimenten / Abschluss		
Was glaubst du hat dieser Versuch mit den ersten beiden zu tun?		Evtl.: Was war bei allen Versuchen gleich? Was war anders?
Glaubst du, es passiert immer so etwas Ähnliches, wenn wir was erwärmen?		
Welches Beispiel fällt dir noch ein, wo man so etwas Ähnliches beobachten kann?		

Hast du in der Schule
schon einmal etwas dazu
gehört?

Möchtest du sonst noch
etwas sagen? / Fällt dir
sonst noch etwas ein?

Name: _____

Versuch A: Metallkugel

Vor dem Erwärmen

1. Beschreibe, wie der Versuch aufgebaut war und was du beobachten konntest.

Nach dem Erwärmen

2. Beschreibe, was du beobachtet hast, nachdem die Kugel erhitzt wurde.

3. Erkläre, warum du glaubst, dass das so passiert ist.

Name: _____

Versuch B: Buntes Wasser

Vor dem Erwärmen

Beschreibe, wie der Versuch aufgebaut war und was du beobachten konntest.

Nach dem Erwärmen

Beschreibe, was du beobachtet hast, während das Gefäß erwärmt wurde.

Erkläre, warum du glaubst, dass das so passiert ist.

Antworten der Schülerinnen und Schüler

Lena

- A1: „Herr Glatz hat die Metallkugel erhitzt mit dem Gasbrenner.“
- A2: „Die Kugel hat nicht mehr durch dieses Loch gepasst.“
- A3: „Weil, die Hitze die Metallkugel so erwärmt, dass sie größer wird, weil die Elementarmagnete sich nicht ordnen (ungeordnet) und sich ausdehnen, und dadurch ist es nicht mehr magnetisch und wird größer.“
- B1: „Herr Glatz hat Wasser gekocht und es in die Schale ein gegossen. Dann hat er das Glas reingestellt.“
- B2: „Das Wasser ist hochgestiegen.“
- B3: „Weil, die Hitze das Wasser verdunsten lässt und hochsteigt und dadurch ist das Wasser gestiegen.“

Lukas

- A1: „Die Metallkugel am Loch wird mit dem Bunsenbrenner erhitzt.“
- A2: „Die Kugel passte nicht mehr durch das Loch.“
- A3 „Bei Hitze dehnt sich alles alles auseinander und bei Kälte zieht sich alles zusammen.“
- B1: „Das bunte Wasser wurde in eine Glasscheibe mit heißem Wasser gesetzt.“
- B2: „Das Wasser stieg.“
- B3: „Der Farbstoff steigt durch die Hitze auf.“

Lydia

- A1: „Herr Glatz hat die Metallkugel erhitzt. Vorher passte die Metallkugel durch. Er kühlt die Kugel ab.“
- A2: „Die Metallkugel passte nachdem erhitzen nicht mehr durch das Loch.“
- A3 „Ich denke das die Kugel größer wurde, weil die Hitze dem Metall den Platz wegnimmt. (passiert innen). ~~Die Metallkugel wird unmagnetisch nachdem Versuch.~~“
- B1: „Es war eine Flasche mit einem Rohr drinne. Die Hitze wandert“
- B3: „Hitze wandert in das Glas mit dem rötlichen Wasser. Das Wasser verdunstet“

Anna

- B1: „Es war heißes Wasser in“
- B2: „Das bunte Wasser ist durch die Hitze in dem Plastikröhrchen nach oben gestiegen.“
- B3: „Durch die Hitze und den Druck steigt das Wasser im röhrchen nach oben. Je heißer das Wasser desto mer Wasser steigt nach oben.“

Michael

- A3: „Wenn man Metal erhitzt dehnt es sich auß.“
- B3: „Wenn man Wasser erhitzt steigt es nach oben.“

Max

- A3: „Weil in der Hitze wird es angeschwollen“
- B3: „weil durch die Hitze das Wasser verteilt“

Daniel

- A3: „Durch die Hitz wird das Eisen heiß. Eisen wird aber nicht so schnell heiß sondern breitet sich aus. Da das Eisen aber doch ein wenig schmilzt und es wieder neu verbrennt breitet sich die Kugel langsam aus“
- B3: „Wenn man Flüssigkeiten erhitzt steigt es an. Weil hitze hoch steigt“

Julia

- A3: „Weil sich um die Metallkugel eine Schicht bildet.“
- B3: „Weil das Wasser erhitzt wird und dann das Wasser hochsteigt.“

Diego

- A3: „Wenn mann Metall erhitzt breitet sie sich aus, weil wenn sie heiß wird“
- B3: „Wenn Wasser heiß wird verbreitet sich weil“

Tom

- A1: „Die Metallkugel hing an einer Kette über einem Loch und passt ohne Probleme dadurch. Die Kugel wurde mit einem Gasbrenner erhitzt und hat dann nicht mehr durch das Loch gepasst.“

- A3: „Die Kugel wird durch die Hitze größer und wenn sie abgekühlt ist passt sie wieder durch das Loch.“
- B1: „warmes Wasser wurde in ein Glas geschüttet. Dann wurde ein anderes Glas mit rot gefärbtem Wasser hineingestellt
- B2: „Das Wasser wurde in dem Glas mit den roten Wasser mehr.“
- B3: „das kalte Wasser saugt das warme an und somit steigt der Wasserstand.“

Heike

- A1: „Die Metallkugel ist durch das Loch gepasst. Und als wir die Metalkugel unter das Feuer gemacht haben hat sie nicht mehr in das Loch gepasst.
- A2: „Die Kugel ist nach dem Erwärmen als es kalt geworden ist, ist sie wieder ins Loch gegangen.“
- A3: „Ich glaube als die Kugel erwärmt mit Feuer wurde ist die Kugel einbischen größer geworden. Und vielleicht innen einbischen holler geworden.“
- B1: „Mann hat das Wasser erhitzt in eine Wasserschale getan und das bunte Wasser mit dem Glas reingestellt. Das bunte Wasser ist höher ins Rohr gestiegen.“
- B2: „Das bunte Wasser ist höher ins Rohr gestiegen.“
- B3: „Ich glaube wegen dem Glas da kommt das Wasser durch und dadurch steigt der Wasserspiegel durch das Rohr.“

Felix

- A3: „Durch die Hitze breitet sich die Kugel* sich aus und wenn es wieder abkühlt dann geht es wieder ein. *smilzt“
- B3: „Durch die Hitze steigt das Wasser und wenn es abkühlt dann geht das Wasser wieder runter“

A1: Lena Transkript

- 1 S: Sie brauchen die Hitze für das da, nein? [zeigt auf den dritten Versuch]
2 das - das --- Reagenzglas
- 3 I: Genau, da machen wir gleich was mit.
- 4 S: Damit der Luftballon - dings, wie nennt sich das - aufgeblasen wird. Weil
5 die Hitze die verdunstet und die steigt nach oben.
- 6 [...]
- 7 I: Gut. Das Wasser ist fertig. Sag mir mal -- was du bei der 3 geschrieben
8 hast. Bei dem Versuch mit dem bunten Wasser.
- 9 S: Ah - weil die Hitze das Wasser verdunsten lässt und hochsteigt und
10 dadurch ist das Wasser gestiegen [vorgelesen]
- 11 I: Hmhm, ok, und bei der anderen? [schüttet heißes Wasser in das Gefäß
12 für Versuch 3]
- 13 S: Ich habe ein bisschen lang ausformuliert [lachen] wenn die Hitze die
14 Metallkugel so erwärmt, dass sie größer wird, weil die Elementarmagnete
15 sich nicht ordnen, un - ungeordnet[vorgelesen] also in Klammern
16 ungeordnet und sich ausdehnen und dadurch ist es nicht mehr magnetisch
17 und wird größer [vorgelesen, mit fragendem Ton]
- 18 I: Wer ist ungeordnet?
- 19 S: Die Elementarmagnete
- 20 I: Die?
- 21 S: Elementarmagnete [langsam]
- 22 I: Elementarmagnete, ok. Kannst du mir nochmal erklären, was du damit
23 meinst?
- 24 S: Weil bei der Hitze werden die ganz ungeordnet und weil es dann so
25 ungeordnet ist der Magnet nicht mehr magnetisch
- 26 I: Hmhm

27 S: und ist dann größer weil sie sich ausbreiten und vielleicht ausdehnen

28 I: Und wo war das hier magnetisch?

29 S: Sie haben gesagt das ist Eisen

30 I: Achso ok. -- Pass mal auf - wir haben hier noch ein kleines Glas wo ein
31 Luftballon drüber ist, da kann keine Luft rein. Da ist ein bisschen Wasser
32 drin. Und hier, wenn du anfasst ist ganz kalt. [S fasst das Gefäß an]

33 Also normal. Und hier das Wasser ist heiß, das habe ich ja gerade heiß
34 gemacht und ich lege das jetzt da rein, was glaubst du was wird dann
35 passieren?

36 S: Ballon wird aufgeblasen

37 I: Ja? Warum glaubst du passiert das?

38 S: Weil die Luft verdunstet und die muss ja irgendwo raus also die steigt
39 dann hoch und der Ballon bläht sich auf.

40 I: Hmhm

41 (7 sec)

42 S: Vielleicht kann da keine Luft durch

43 I: Wo denn?

44 S: Da ist so irgendwie so ein Stöpsel oder sowas [zeigt auf das milchige
45 Ende des Gefäßes]

46 I: Ja nein, das das kann da durch.

47 S: Achso

48 I: Das ist, das ist da nur so ein bisschen farbig. (6 sec) Kannst du es gut
49 sehen?

50 S: Ja

51 I: Hat sich schon was verändert?

52 S: Ja --

53 I: Was hat sich verändert?

54 S: Es bläst sich auf.

55 I: Ja (5 sec) Du meintest so - kannst du nochmal erklären wie die
56 Metallkugel - woraus die besteht?

57 S: Aus Metall

58 I: Hmhm

59 S: Und wenn die magnetisch ist, dann hat die Elementarmagnete, wenn sie
60 nicht magnetisch ist, angenommen aus - Silber oder Kupfer bestehen,
61 dann sind da keine drinnen.

62 I: Also du glaubst da sind noch kleine -

63 S: Ja, weil wir es in Physik hatten, ja.

64 I: Hmhm. Was habt ihr da

65 S: wir haben doch Magnetismus und in - Magneten sind einzelne
66 Elementarmagnete und wenn die dann eben angezogen werden, zum
67 Beispiel von einem anderen Magneten, und dann werden die ganz
68 geordnet in so Reihen und dann ziehen die sich dann gegenseitig an.

69 I: Hmhm. Aber wir hatten ja keine Magnete jetzt hier

70 S: Nö

71 I: Also wir haben das, was haben wir mit dem Metall gemacht? Wir haben
72 es erwärmt. Ja?

73 S: Ja

74 I: Und was glaubst du passiert dann? Mit diesen

75 S: Elementarmagnete - sind nicht mehr geordnet also die sind ganz
76 verwuschelt sozusagen.

77 I: Hmhm

78 S: Und dann - weil die Hitze das gemacht hat ist der Magnet- ist das Metall
79 dann eben nicht mehr ein Mat- magnetisch

80 I: Ok. Aber wir haben hier jetzt nichts Magnetisches beobachtet, richtig?

81 S: Nein.

82 I: Genau. Versuch mal zu erklären nur was wir hier beobachtet haben.

83 S: Die Kugel ist größer geworden als Sie es erhi- als Sie es erhitzt haben.

84 I: Hmhm. Glaubst du das hatte auch was zu tun mit diesen kleinen Teilchen
85 die du meintest?

86 S: Nein.

87 I: Nein. Ok.

88 S: Weil es kein Magnet ist. Elen- Elementarmagnete sind nur in Magneten
89 drinnen.

90 I: Und wie ist es bei dem Wasser? Oder jetzt bei – [zeigt auf dritten
91 Versuch] was ist denn hier drinnen?

92 S: Da drinnen - da ist kaltes Wasser und - da ist heißes Wasser.

93 I: Hmhm, aber es ist nicht voll mit Wasser oder?

94 S: Nein. -- Weil Ballon ()

95 I: Und was ist hier drinnen wenn der sich aufbläst? --

96 S: Die Luft eigentlich

97 I: Hmhm

98 S: Weil - das kalte Wasser o- oder hat das heiße Wasser - aber ich glaube
99 das kalte Wasser verdunstet. Oder?

100 I: Da drinnen meinst du?

101 S: Ja.

102 I: Ok, und dann?

103 S: Dann wird das zur Luft und die geht dann nach oben.

104 I: Hmhm, und dann?

105 S: Und dann bläst sich das auf - aber man könnte auch einen Luftballon
106 aufblasen oder in den Mund machen, den man dann auf einer Zitrone

107 irgendwas weißes, Backpulver oder sowas. Wenn man das mischt, also
108 Zitrone und dann tut man es rein und schüttelt das und tut einen Ballon
109 da drüber dann wegen dieser Kohlensäure dann steigt der irgendwo auf,
110 also irgendwann eben, ja

111 I: Hmhm, ok. - was hatten denn diese drei Versuche miteinander zu tun?
112 Was war gleich? Oder findest du die waren alle unterschiedlich?

113 S: Das hier hat was mit dem Verdunsten zu tun, das da auch, weil das ist
114 kaltes Wasser und das warme Wasser und das steigt ja nach oben.

115 I: Hmhm

116 S: Und - die Metallkugel (5 sec) ist - nein, alle drei haben was mit der
117 Wärme zu tun.

118 I: Ok

119 S: Also mit der Hitze.

120 I: Was hat die gemacht?

121 S: [zeigt auf den dritten Versuch] das da hat - angenommen das ist— das ist
122 das Meer. Und das ist die Sonne die so draufprallt. Dann verdunstet das
123 Ganze und steigt nach oben.

124 I: Ok

125 S: das ist genau wie das mit dem roten Wasser da.

126 I: Was ist da verdunstet?

127 S: Da ist das kalte Wasser verdunstet, weil es ist jetzt nicht mehr so voll.

128 I: Und bei der Metallkugel?

129 S: Bei der Metallkugel wurde diese Kugel erhitzt und - da sie -- dass da ein
130 Stoff ist, der ist so ein Stoff der ist einer oder? Angenommen das ist ein
131 Stoff

132 I: das ist ein – eine - ein fester Stoff. Oder was meinst du?

133 S: Also wenn es -- ah ich habe es gar nicht mit Magneten a - aber vielleicht
134 wurde es ja größer, weil da so viel also innendrinne komplett damit

- 135 ausgefüllt war. Wenn es vielleicht hohl wäre, wäre es glaube ich gar
136 nicht größer geworden.
- 137 I: Hmhm wieso glaubst du das?
- 138 S: Weil
- 139 I: Also warum wird es dann größer wenn es innen fest ist?
- 140 S: Vielleicht, weil da mehrere Schichten sind.
- 141 I: Hmhm
- 142 S: Weil hohl vielleicht würde das zerbrechen oder so. - Vielleicht hat sich
143 so eine, noch so eine Schicht darüber gebildet, oder so.
- 144 I: Ok. Interessant. Das war es auch schon.
- 145 S:

A2: Lena redigierte Aussagen

(1-5) Sie brauchen die Hitze für das Reagenzglas, damit der Luftballon aufgeblasen wird. Die Hitze verdunstet die {Luft} und die steigt nach oben.

(13-27) Wenn die Hitze die Metallkugel so erwärmt, dass sie größer wird, ordnen sich die Elementarmagnete nicht. Sie sind ungeordnet und dehnen (breiten) sich aus. Dadurch ist es (der Magnet) nicht mehr magnetisch und wird größer.

(36-39) Der Ballon wird aufgeblasen, weil die Luft verdunstet. Und die muss ja irgendwo raus, also die steigt dann hoch und der Ballon bläht sich auf.

(55-68) Die Metallkugel besteht aus Metall und wenn sie magnetisch ist, dann hat sie Elementarmagnete. Wenn sie nicht magnetisch ist, angenommen aus Silber oder Kupfer, dann sind da keine drinnen. Wir hatten es in Physik. Wir haben doch Magnetismus und in Magneten sind einzelne Elementarmagnete und wenn die dann eben angezogen werden, zum Beispiel von einem anderen Magneten, dann werden die ganz geordnet in so Reihen und dann ziehen die sich gegenseitig an.

(71-79) Wenn das Metall erwärmt wird, dann sind die Elementarmagnete nicht mehr geordnet, also verwuschelt sozusagen. Weil die Hitze das gemacht hat, ist das Metall (Magnet) dann eben nicht mehr magnetisch.

(83-89) Die Kugel ist größer geworden als Sie es erhitzt haben. {Das hatte nichts mit diesen kleinen Teilchen zu tun}, weil es kein Magnet ist. Elementarmagnete sind nur in Magneten drinnen.

(92-103) Da drinnen ist kaltes Wasser und da ist heißes Wasser. Wenn der {Luftballon} sich aufbläst ist eigentlich die Luft drinnen, aber ich glaube das kalte Wasser verdunstet. Dann wird das zur Luft und die geht dann nach oben.

(113-127) Das hier hat was mit dem Verdunsten zu tun, das da auch, weil das ist kaltes Wasser und das warmes Wasser und das steigt ja nach oben. Und die Metallkugel ist – nein, alle drei haben was mit der Wärme, also mit der Hitze zu tun. Angenommen das ist das Meer und das die Sonne, die so draufprallt. Dann verdunstet das Ganze und steigt nach oben. Das ist genau wie das mit dem roten Wasser: da ist das kalte Wasser verdunstet, weil es jetzt nicht mehr so voll ist.

(129-143) Die Metallkugel wurde erhitzt und vielleicht deswegen größer, weil sie innendrin komplett damit (fester Stoff) ausgefüllt war. Wenn es vielleicht hohl wäre, wäre es glaube ich gar nicht größer geworden. {Es wird größer, wenn es innen fest ist}, weil da mehrere Schichten sind. Hohl würde das vielleicht zerbrechen oder so. Vielleicht hat sich noch so eine Schicht darüber gebildet.

A3: Lena geordnete Aussagen

Scheinerklärung: Erwärmung bewirkt bei Metall magnetische Reaktionen.

(13-27, 71-79, 83-89) Wenn die Hitze die Metallkugel so erwärmt, dass sie größer wird, ordnen sich die Elementarmagnete nicht. Sie sind ungeordnet (verwuschelt) und dehnen (breiten) sich aus. Dadurch ist es (der Magnet) nicht mehr magnetisch und wird größer. {Der Versuch hatte nichts mit diesen kleinen Teilchen zu tun}, weil {die Kugel} kein Magnet ist. Elementarmagnete sind nur in Magneten drinnen.

Scheinerklärung: Erwärmung bewirkt, dass sich Metall durch zusätzliche äußere Schichten vergrößert.

(129-143) Die Metallkugel wurde erhitzt und vielleicht deswegen größer, weil sie innendrin komplett mit (festem Stoff) ausgefüllt war. {Es wird größer, wenn es innen fest ist}, weil da mehrere Schichten sind. Vielleicht hat sich noch so eine Schicht darüber gebildet. Wenn es hohl wäre, wäre es glaube ich gar nicht größer geworden. Hohl würde das vielleicht zerbrechen oder so.

Scheinerklärung: Verdunstung/Verdampfung, die nach oben steigt

(1-5, 36-39, 92-103, 113-127) Das hier {Versuch 3} hat was mit dem Verdunsten zu tun, das da auch {Versuch 2} (das ist genau wie mit dem roten Wasser), weil das ist kaltes Wasser und das warmes Wasser und das steigt ja nach oben. Das kalte Wasser, das verdunstet, weil es jetzt nicht mehr so voll ist. Die Hitze verdunstet das kalte Wasser (die Luft), das wird zu Luft und die steigt (geht) dann nach oben. Deswegen wird der Ballon aufgeblasen. Die Luft verdunstet und die muss ja irgendwo raus, also steigt die dann hoch und der Ballon bläht sich auf. Wenn er sich aufbläst ist eigentlich die Luft drinnen, aber ich glaube das kalte Wasser verdunstet. Angenommen das ist das Meer und das die Sonne, die so draufprallt. Dann verdunstet das Ganze (wird zu Luft) und steigt (geht) nach oben.

Scheinerklärung: Wärme bringt Dinge generell zum hochsteigen.

(113-127) Das hier hat was mit dem Verdunsten zu tun, das da auch, weil das ist kaltes Wasser und das warme Wasser und das steigt ja nach oben.

Teilchenvorstellungen

(13-27) Sie {die Elementarmagnete} sind ungeordnet und dehnen (breiten) sich aus. Dadurch ist (der Magnet) nicht mehr magnetisch und wird größer.

Verbindung zwischen den 3 Versuchen/Aggregatzuständen

(113-127) Das hier hat was mit dem Verdunsten zu tun, das da auch, weil das ist kaltes Wasser und das warme Wasser und das steigt ja nach oben. Und die Metallkugel ist – nein, alle drei haben was mit der Wärme, also mit der Hitze zu tun. Angenommen das ist das Meer und das die Sonne, die so draufprallt. Dann verdunstet das Ganze und steigt nach oben. Das ist genau wie das mit dem roten Wasser: da ist das kalte Wasser verdunstet, weil es jetzt nicht mehr so voll ist.

B1: Lukas Transkript

- 1 I: Pass mal auf ich habe hier
- 2 S: Das ist jetzt wieder - runter - (das, das war jetzt außen, weil das Wasser
3 rausgekommen ist)
- 4 I: Was meinst du ist runter?
- 5 S: - der Pegelstand da - der, der Wasserstand da.
- 6 I: Achso
- 7 S: - das ist jetzt ein bisschen
- 8 I: ist nicht mehr so weit oben wie vorher, oder?
- 9 S: Hmhm. Könnte es sein, weil das jetzt nicht mehr in dem Wasser ist?
10 Heißem Wasser ist?
- 11 [I gießt heißes Wasser in das Auffanggefäß von Versuch 3]
- 12 I: Ja was bedeutet denn das, wenn es nicht mehr in dem heißen Wasser ist?
- 13 S: Also in der Hitze

14 I: Hmhm

15 S: Sozusagen diese Hitze verbraucht ein bisschen Platz, dadurch wird dieses
16 Wasser und der Farb, Farbstoff ein bisschen so nach oben gedrückt. Sage
17 ich jetzt so als - Vermutung

18 I: Hmhm. Und jetzt da es nicht mehr erhitzt wird?

19 S: Geht es langsam wieder - zurück

20 I: Hmhm

21 S: Aber halt auch nicht alles, es war ja ein bisschen

22 I: klingt eigentlich logisch

23 S: Eigentlich - Ein bisschen stand ja über, aber nicht so viel wie das jetzt

24 I: Ja, ok. Guck mal ich hab hier noch einen Versuch. Wie du siehst hier ist
25 Wasser drin und sonst ganz viel Luft und das hier ist zu mit einem
26 Luftballon. Und das ist heißes Wasser. Das hier ist nicht heiß, das ist nur
27 so ein ganz bisschen warm, weil ich's vorher schon mal gezeigt habe. -
28 Und wenn ich das jetzt hier reinlege, was glaubst du was passiert dann?

29 S: Dann hat man eine Wasserbombe.

30 I: [lacht] wieso?

31 S: Weil das Wasser aufsteigt, vielleicht, oder, oder es könnte auch sein, dass
32 es den Ballon einfach nur aufbläst.

33 I: Mit was aufbläst?

34 S: Also mit Wasser oder mit Luft.

35 I: Ok. Gucken wir es uns mal an [legt die Flasche mit Luftballon in das
36 Gefäß mit Wasser] am besten gut auf den Luftballon gucken, ob sich da
37 was ändert.

38 S: Ja der wird so ein bisschen - mit Luft -- bisschen aufgepumpt

39 I: Ja, oder?

40 S: Hmhm

41 I: Warum glaubst du passiert das?

42 S: - weil auch wieder dieses Wass- diese Hitze da ein bisschen von der Luft
43 da - wieder naja verdrängt?

44 I: Hmhm

45 S: Und die deshalb wieder - nach oben steigt?

46 (6 sec)

47 I: Kannst du nochmal versuchen zu erklären was die Hitze mit der Luft
48 macht?

49 S: - also die Hitze mit der Luft, (5 sec) die Hitze ist ja auch so, ja. Die -
50 drückt sozusagen ein bis- naja -- macht sozusagen ein bisschen - drückt
51 die Luft nach oben.

52 I: Hmhm. Gut. Und wie war das bei den anderen Versuchen? Da haben wir
53 ja auch Hitze benutzt, oder?

54 S: Hmhm - bei Hitze dehnt sich ja - alles auseinander. Habe ich mal– und
55 bei Kälte zieht sich alles zusammen, das habe ich irgendwo gehört.

56 I: Hast du da ein paar Beispiele, wo- wo man das sehen kann?

57 S: (8 sec) fällt mir grad spontan jetzt nicht so was ein

58 I: Ok

59 S: Außer einem Witz

60 I: Ja sag mal

61 S: - fragt der Lehrer: Ulli warum sind denn - im Sommer die Tage so lang
62 und im Winter so kurz? Naja, weil wenn es warm ist, dehnt sich ja alles
63 auseinander, wenn es kalt ist, zieht sich alles zusammen.

64 I: Ja, so kann man sich es gut merken. - Wie ist es denn mit - wo konnte
65 man das bei den anderen zwei Versuchen sehen?

66 S: Ja bei der Metallkugel die ist ja sozusagen dicker geworden

67 I: Hmhm

68 S: - ist nicht mehr durch das Loch gegangen und das Wasser ist auf
69 irgendeine Weise auch mehr gew- also, nein nicht mehr, oder auf
70 irgendeine Weise auch, ja- (verv-) nein, nicht (verviel) --- ja auch sowas,
71 in der Art. Weil es jetzt, find jetzt gerade nicht so das passende Wort.

72 I: Das Wasser braucht irgendwie mehr Platz, oder?

73 S: Ja, genau. Ich glaub Vervielfältigung ist jetzt nicht das richtige Wort.

74 I: Hmhm. Also du glaubst nicht, dass es mehr wird? Mehr Wasser?

75 S: Nein, nicht unbedingt.

76 I: Wie, wie stellst du dir denn vor, dass es in dem Wasser aussehen könnte?

77 S: In dem Wasser ist vielleicht, oh.

78 I: Hast du da irgendeine Vorstellung zu?

79 S: Vielleicht so ein bisschen - irgendwas, was es so nach oben hält.
80 Irgendwie.

81 I: Hmhm

82 S: Aber jetzt nicht so, - in Form von einer Säule, sondern von sowas wie so
83 - eine Krafteinwirkung.

84 I: Hmhm

85 S: Oder so

86 I: Interessant. Und glaubst du das ist bei allen genauso gewesen? Gleich
87 gewesen bei allen drei Versuchen? ---

88 S: Mm -- Naja bei allen ist es jetzt irgendwie gewesen, dass -- da zum
89 Beispiel die Luft da das Wasser - und da die Kugel irgendwie mehr
90 Raum einnimmt.

91 I: Hmhm

92 S: Ja (5 sec)

93 I: Und kannst du nochmal versuchen, zu erklären warum das so ist?

94 S: (6 sec) weil die Hitze ein bisschen darauf einwirkt?

- 95 I: Hmhm
- 96 S: So, auf das Wasser und die Luft und die Metallkugel (4 sec)
- 97 I: Ok, super. Vielen Dank.
- 98 S: Das war es?
- 99 I: Ja.

B2: Lukas redigierte Aussagen

(2-23) Das ist jetzt wieder runter. Der Pegelstand (Wasserstand) ist jetzt nicht mehr so weit oben wie vorher. {Es könnte sein, dass das so ist}, weil das jetzt nicht mehr in dem heißen Wasser (Hitze) ist. Diese Hitze verbraucht ein bisschen Platz. Dadurch wird dieses Wasser und der Farbstoff ein bisschen nach oben gedrückt. Das sage ich jetzt so als Vermutung. {Und jetzt da es nicht mehr erhitzt wird} geht es langsam wieder zurück. Aber halt auch nicht alles, ein bisschen stand ja über, aber nicht so viel wie das jetzt.

(28-34) {Wenn man das jetzt hier reinlegt}, dann hat man eine Wasserbombe, weil das Wasser aufsteigt, vielleicht. Oder es könnte auch sein, dass es den Ballon einfach nur mit Wasser oder mit Luft aufbläst.

(38-51) Der {Luftballon} wird ein bisschen mit Luft aufgepumpt, weil auch wieder diese Hitze da ein bisschen von der Luft wieder verdrängt und die deshalb wieder nach oben steigt. Die Hitze drückt sozusagen die Luft ein bisschen nach oben.

(54-63) Bei Hitze dehnt sich ja alles auseinander und bei Kälte zieht sich alles zusammen. Das habe ich irgendwo gehört. Spontan fällt mir jetzt nicht so was {Beispiel} ein, außer einem Witz: fragt der Lehrer: Ulli warum sind denn im Sommer die Tage so lang und im Winter so kurz? Naja, weil wenn es warm ist, dehnt sich ja alles auseinander, wenn es kalt ist, zieht sich alles zusammen.

(66-73) Die Metallkugel, die ist ja sozusagen dicker geworden. Sie ist nicht mehr durch das Loch gegangen und das Wasser ist auf irgendeine Weise auch mehr geworden. Also nein, nicht mehr. Oder auf irgendeine Weise auch verviel- nein. {Das Wasser braucht irgendwie mehr Platz}. ich glaube Vervielfältigung ist jetzt nicht das richtige Wort.

(74-85) Ich glaube nicht unbedingt, dass es mehr Wasser wird. In dem Wasser ist vielleicht irgendwas (so ein bisschen), was es irgendwie nach oben hält, aber jetzt nicht in Form von einer Säule, sondern von sowas wie einer Krafteinwirkung.

(88-96) Bei allen Versuchen ist es jetzt irgendwie gewesen, dass da zum Beispiel die Luft, da das Wasser und da die Kugel, irgendwie mehr Raum einnimmt, weil die Hitze ein bisschen darauf (auf das Wasser und die Luft und die Metallkugel) einwirkt.

B3: Lukas geordnete Aussagen

Beobachtung: Ausdehnung bei Erwärmung

(54-63, 66, 88-96) Die Metallkugel, die ist ja sozusagen dicker geworden. Bei Hitze dehnt sich ja alles auseinander und bei Kälte zieht sich alles zusammen. Das habe ich irgendwo gehört. Bei allen Versuchen ist es jetzt irgendwie gewesen, dass da zum Beispiel die Luft, da das Wasser und da die Kugel, irgendwie mehr Raum einnimmt, weil die Hitze ein bisschen darauf (auf das Wasser und die Luft und die Metallkugel) einwirkt.

Scheinerklärung: Wärme bringt Dinge generell zum hochsteigen.

(2-23, 38-51, 74-85) Ich glaube nicht unbedingt, dass es mehr Wasser wird. In dem Wasser ist vielleicht irgendwas (so ein bisschen), was es irgendwie nach oben hält, aber jetzt nicht in Form von einer Säule, sondern von sowas wie einer Krafteinwirkung. Das ist jetzt wieder runter. Der Pegelstand (Wasserstand) ist jetzt nicht mehr so weit oben wie vorher. {Es könnte sein, dass das so ist}, weil das jetzt nicht mehr in dem heißen Wasser (Hitze) ist. Diese Hitze verbraucht ein bisschen Platz. Dadurch wird dieses Wasser und der Farbstoff ein bisschen nach oben gedrückt. Das sage ich jetzt so als Vermutung. {Und jetzt da es nicht mehr erhitzt wird} geht es langsam wieder zurück. Der {Luftballon} wird ein bisschen mit Luft aufgepumpt, weil auch wieder diese Hitze da ein bisschen von der Luft verdrängt und die deshalb wieder nach oben steigt. Die Hitze drückt sozusagen die Luft ein bisschen nach oben.

Scheinerklärung: Wärme ist ein Stoff, der Platz verbraucht.

(2-23, 38-51, 66-73, 74-85) Das Wasser ist auf irgendeine Weise auch mehr geworden. Also nein, nicht mehr. Oder auf irgendeine Weise {braucht es mehr Platz}. Ich glaube Vervielfältigung ist jetzt nicht das richtige Wort. Ich glaube nicht unbedingt, dass es mehr Wasser wird. In dem Wasser ist vielleicht irgendwas (so ein bisschen), was es irgendwie nach oben hält, aber jetzt nicht in Form von einer Säule, sondern von sowas wie einer Krafteinwirkung. Das ist jetzt wieder runter. Der Pegelstand (Wasserstand) ist jetzt nicht mehr so weit oben wie vorher. {Es könnte sein, dass das so ist}, weil das jetzt nicht mehr in dem heißen Wasser (Hitze) ist. Diese Hitze verbraucht ein bisschen Platz. Dadurch wird dieses Wasser und der Farbstoff ein bisschen nach oben gedrückt. Das sage ich jetzt so als Vermutung. {Und jetzt da es nicht mehr erhitzt wird} geht es langsam wieder zurück. Der {Luftballon} wird ein bisschen mit Luft aufgepumpt, weil auch wieder diese Hitze da ein bisschen von der Luft verdrängt und die deshalb wieder nach oben steigt. Die Hitze drückt sozusagen die Luft ein bisschen nach oben.

Verbindung zwischen den 3 Versuchen /Aggregatzuständen

(88-96) Bei allen Versuchen ist es jetzt irgendwie gewesen, dass da zum Beispiel die Luft, da das Wasser und da die Kugel, irgendwie mehr Raum einnimmt, weil die Hitze ein bisschen darauf (auf das Wasser und die Luft und die Metallkugel) einwirkt

C1: Lydia Transkript

- 1 [I erwärmt Wasser im Wasserkocher, baut Versuch auf]
- 2 I: Siehst du, das ist auch so
- 3 S: Ein Ding, was das
- 4 I: So ähnlich wie das, genau. Da mache ich jetzt einen Luftballon drüber.
5 Wie du siehst ist ganz viel Luft drinnen.
- 6 S: Hmhm
- 7 I: Ich muss das vorsichtig machen, ich habe schon ein paar kaputt gemacht.
8 So. Und das
- 9 S: Ich glaube ich weiß auch schon was passiert.
- 10 I: Ja? Was glaubst du, was werde ich machen?
- 11 S: - Sie werden das Ding da reinstellen. Also Sie () wird das Wasser
12 (durch) () erhitzt und die Hitze verbraucht auch etwas Platz – bin mir
13 nicht sicher – und dadurch verdunstet das dann oben und dadurch wird
14 das dann halt so rund. Also da kommt dann Luft
- 15 I: hast du es schon mal gesehen irgendwo?
- 16 S: Nein aber ich vermute es.
- 17 I: Ok, sehr gut. (7 sec) ok gucken wir mal. Ok das Wasser, das kochte jetzt
18 sogar, ich warte mal ein bisschen. Dann tun wir das da rein. - Also da
19 kann kein Wasser von außen rein, ja? Das ist dicht. Aber ich leg das mal
20 so rein und schütte das drüber, ok? Und du kannst mal ganz besonders
21 auf den Luftballon achten. (7 sec) sieht man richtig gut, oder?
- 22 S: Ja --
- 23 I: Könntest du mal beschreiben, was da passiert ist?
- 24 S: Also Sie haben - warmes Wasser über dieses Glasgefäß geschüttet
- 25 I: Hmhm

26 S: Und - dann ist es halt langsam, hat es - hat der Ballon sich aufgeblasen,
27 sage ich jetzt mal. Und jetzt ist er halt ()

28 I: Hmhm. Mit was hat er sich aufgeblasen?

29 S: Ich weiß – ich bin mir nicht ganz sicher – aber ich glaube eher mit
30 erhitzter Verdunstung? Oder vielleicht auch – ich bin mir nicht ganz
31 sicher.

32 I: Hmhm. Also wenn man so hin fasst, wonach fühlt sich das an? -

33 S: Fühlt sich nach Luft an.

34 I: Hmhm

35 S: Nach Verdunstung. Also es fühlt sich irgendwie an als wäre irgendwas
36 verdunstet.

37 I: Ok.

38 S: Hmhm

39 I: - wie war das denn bei den anderen Versuchen? Siehst du da irgendeine
40 Verbindung zu dem da?

41 S: Irgendwie schon, weil -- da ist es ja auch praktisch irgendwie das
42 Gleiche, weil da ist nur das Wasser hochgekommen, aber oben ist ja kein
43 Ballon dran.

44 I: Ja

45 S: Deswegen kann die Luft raus. Und hier kann die Luft halt nicht raus und
46 deswegen und - deswegen bleibt das da dran (zögernd) --

47 I: Deswegen bleibt die Luft da drin.

48 S: Ja genau. Deswegen – um irgendeine Verbindung (herzustellen)

49 I: Ja, und hat das auch noch eine Verbindung zu, zu der Kugel?

50 S: Mm, Kugel. - also - vielleicht -- also ich glaube nicht. Also, vielleicht
51 damit, dass es das auch hier größer geworden ist - eigentlich, also ich
52 sehe jetzt irgendwie keine Verbindung mit der Kugel.

53 I: Ok. Was ist denn bei der Kugel nochmal passiert? Oder, wie hast du das
54 erklärt, warum du glaubst, dass das so passiert ist?

55 S: Also bei der Kugel [schaut auf ihr Arbeitsblatt] und das ist Wasser [dreht
56 Arbeitsblatt um] ich kann nicht so gut erklären. Ich denke, dass die Kugel
57 größer wurde, weil die Hitze dem Metall den Platz wegnimmt. Die
58 Metallkugel wird (vorgelesen) oh was habe ich da geschrieben, oh das ist
59 falsch, das habe ich danach, das wollte ich eigentlich durchstreichen, also
60 das habe ich aufgeschrieben

61 I: Willst du es mal verbessern?

62 S: - ja. Das da gehört nicht dazu, das habe ich ausversehen geschrieben

63 I: Ah ok. Das macht nichts.

64 S: Ok.

65 I: Aber versuch es nochmal zu erklären.

66 S: Schriftlich, also das was ich aufgeschrieben hab, oder mündlich?

67 I: Nein, einfach, einfach frei.

68 S: Also - bei der Metallkugel da haben Sie - die Metallkugel erhitzt, mit
69 dem Gas, und - die Metallkugel ist dadurch größer geworden und meine
70 Vermutung ist, wieso sie größer geworden ist, dass die Hitze, - de- das
71 Metallstück, also ich bin mir nicht sicher, aber vielleicht hat die Hitze
72 einen Platz weggenommen, im Inneren, und - das Äußere ist halt - dicker
73 geworden, also [30 sec Unterbrechung durch einen Lehrer] also - dass die
74 Hitze irgendwie Platz von der Kugel weggenommen hat und dass die
75 Kugel dann größer geworden ist, meine erste Vermutung. Und meine
76 zweite Vermutung ist, dass - das, aber irgendwie, diese Vermutung, also
77 an die andere glaube ich irgendwie mehr, dass das Metall etwas
78 geschmolzen ist und dadurch halt - die Flüssig- das etwas größer
79 geworden ist, also dass es sich etwas verbreitet hat, also dehnbar also
80 irgendwie

81 I: Hmhm

82 S: mehr gedehnt hat, also ausgebreitet hat und dadurch halt größer
83 geworden ist.

84 I: Hmhm

85 S: Das waren meine zwei Vermutungen.

86 I: Und was glaubst du, was - ist plausibler an den beiden? Welche gefällt
87 dir besser?

88 S: Ich bin mir nicht sicher, irgendwie beide mittel.

89 I: Hmhm

90 S: Also ich weiß ja nicht was richtig ist und ich weiß eigentlich - also es
91 sind beide halt fifty-fifty

92 I: Ok. Aber damit - dass es sich ausgedehnt hat.

93 S: Hmhm

94 I: Ok. Halten wir das mal fest. Bei den anderen zweien wie hast du da, wie
95 würdest du da die Erklärung sagen? Oder bei dem Wasser sagen wir mal?

96 S: Bei dem Wasser?

97 I: Hmhm

98 S: - also die Hitze - hat auch irgendwie bisschen Platz weggenommen, also
99 ich weiß nicht genau, und dadurch ist halt das Wasser hochgekommen

100 I: Hmhm

101 S: Und

102 I: kannst du nochmal versuchen zu erklären, was du meinst mit Platz
103 wegnehmen?

104 S: -- also die Hitze -- also ich weiß nicht wie ich das erklären soll - Hitze -
105 also Hitze braucht, also - was ich auch erklären kann ist - dass - Flamme
106 und auch Hitze Luft braucht, also

107 I: Hmhm

108 S: und, also die Flamme braucht Luft damit sie - leben kann sozusagen.
109 Wenn man jetzt ein Glas über die Flamme macht, dann hört die Flamme
110 auf zu flammen und dann, weil die braucht ja auch Luft, sag ich jetzt mal.
111 Und - wenn hier das Ding dran ist, zum Beispiel, bekommt – das – also
112 nein -- oder warten Sie. Ich weiß jetzt nicht wie ich es erklären soll, ich
113 bin jetzt in die falsche Richtung gegangen [lacht]

114 I: Versuch es nochmal.

115 S: Also - dort das Wasser, was dort halt ist - die Fl- also das Wasser kommt
116 halt hoch, weil - dort, also die Hitze wie ich gesagt habe den, den Platz
117 verbraucht, weil - das - die Hitze halt braucht halt auch ihren Platz und -
118 da das ja wärmer wird, dann kommt das ja hoch. Wie bei, wenn ich jetzt
119 Wasser koche

120 I: Hmhm

121 S: Und da kommt es ja auch irgendwie so hoch

122 I: Hmhm

123 S: Weil, wenn - dann kocht es ja und dann kommen so Blubberbläschen und
124 so und dann wird es ja auch höher. Und das ist irgendwie, also das sehe
125 ich irgendwie bisschen als irgendwie eine Verbindung

126 I: Hmhm

127 S: zueinander. Also dass dann halt so hoch kocht, sozusagen.

128 I: Hmhm. Dann hat es ja auch was zu tun mit dem, mit der Metallkugel,
129 oder? Das war ja dann auch so ähnlich.

130 S: Ja, so ähnlich halt.

131 I: Und, und zu dem hier?

132 S: Also zu dem, - wie das passiert ist?

133 I: Hmhm

134 S: Also - das Wasser ist jet- was ich, was ich mir jetzt nicht erklären kann,
135 wie schnell das passiert ist. Weil das ist richtig schnell passiert und ich
136 weiß nicht so richtig wie das so schnell passiert ist.

137 I: Der Luftballon ja? Hat sich schnell aufgeblasen.

138 S: Hmhm. Wie de- wie der sich so schnell aufgeblasen hat, ich habe das
139 noch nicht irgendwie

140 I: was hat sich denn da erhitzt? In dem drinnen?

141 S: - das Wasser.

142 I: Hmhm

143 S: Oder?

144 I: Nur das Wasser?

145 S: Und die Luft viellei- also da drinnen ist auch Luft denk ich jetzt mal, und
146 die hat sich auch erhitzt und - ja. Also dann ist das Wasser halt was ich
147 als erstes geglaubt habe ist, dass das Wasser hochgeflossen ist und hier
148 rein.

149 I: Ok.

150 S: Aber das, das glaube ich jetzt nicht mehr, nachdem ich das nämlich
151 angefühlt habe, weil das hat nicht nach Wasser gefühlt [zögernd,
152 überlegend].

153 I: Ja

154 S: Also es fühlt sich eher nach Luft an. Also müsste theoretisch die Luft
155 irgendwie von - von der Hitze nach oben ge-- sozusagen ge - gesteuert
156 werden, irgendwie und dann in den Luftballon hinein. - Also so würde
157 ich mir das mir erklären ich bin mir nicht genau sicher

158 I: Ok.

159 S: Also

160 I: Also die Luft hat sich erwärmt? Und dann?

161 S: Ist - ist es - also ist die Luft, wurde die Luft halt nach, nach oben, - ge --
162 wie sagt man das. Ge- also durch die Hitze nach oben transportiert.

163 I: Ok.

- 164 S: Ja würde ich jetzt sagen.
- 165 I: Ok
- 166 S: Mm fertig?
- 167 I: [lacht] Ja, außer dir fällt noch irgendwas ein?
- 168 S: Ähm
- 169 I: Als Erklärung oder als Verbindung zwischen den Dreien, oder
- 170 S: - hat das vielleicht auch mit, also könn- kann das mit dieser Metallkugel,
171 also ich habe eine Frage.
- 172 I: Ja
- 173 S: Kann das mit der Metallkugel die Flamme, ist eine besondere Flamme?
174 Also die nur f- also die nur dafür geht? Oder kann man auch wirklich
175 jede Flamme dafür nehmen?
- 176 I: Man kann jede Flamme nehmen, aber das war eine besonders heiße
177 Flamme. Du hast gesehen, die ist so blau geworden, weil die so heiß war.
178 Wenn ich jetzt nämlich ein Streichholz nehmen würde, würde es sehr
179 lange dauern, bis es so genug Hitze bekommt diese Kugel, dass sie auch
180 eben irgendwann da nicht mehr durchpasst. Und das ist so eine heiße
181 Flamme, damit es schneller geht.
- 182 S: Hmhm. Und dann, also ich habe jetzt keine Frage mehr.
- 183 I: Ok
- 184 S: Hmhm
- 185 I: Gut

C2: Lydia redigierte Aussagen

(9-16) Ich glaube ich weiß auch schon was passiert. Sie werden das Ding da reinstellen. Das Wasser wird erhitzt und die Hitze verbraucht auch etwas Platz. Ich bin mir nicht sicher, {aber} dadurch verdunstet das dann oben und dadurch wird das dann halt so rund. Da kommt dann Luft {hinein} vermute ich.

(24-36) Sie haben warmes Wasser über dieses Glasgefäß geschüttet und dann ist es halt langsam, hat der Ballon sich aufgeblasen, sage ich jetzt mal. Ich bin mir nicht ganz sicher, aber ich glaube er hat sich eher mit erhitzter Verdunstung aufgeblasen. Ich bin mir nicht ganz sicher. Es fühlt sich nach Luft an, nach Verdunstung. Also es fühlt sich irgendwie an als wäre irgendwas verdunstet.

(39-46) Irgendwie sehe ich da eine Verbindung zu dem {Versuch 2} da, weil da ist es ja auch praktisch irgendwie das Gleiche, weil da ist nur das Wasser hochgekommen, aber oben ist ja kein Ballon dran. Deswegen kann die Luft raus und hier kann die Luft halt nicht raus und deswegen bleibt das da dran.

(49-52) Also ich glaube das {Versuch 3} hat nicht auch noch eine Verbindung zu der Kugel. Vielleicht damit, dass das auch hier größer geworden ist. Also eigentlich sehe ich jetzt irgendwie keine Verbindung mit der Kugel.

(55-91) Ich denke, dass die Kugel größer wurde, weil die Hitze dem Metall den Platz wegnimmt. Sie haben die Metallkugel mit dem Gas erhitzt und die Metallkugel ist dadurch größer geworden. Meine Vermutung ist, also ich bin mir nicht sicher, aber vielleicht hat die Hitze einen Platz im Inneren weggenommen und das Äußere ist halt dicker geworden. Dass die Hitze irgendwie Platz von der Kugel weggenommen hat, und dass die Kugel dann größer geworden ist, ist meine erste Vermutung. Also an die andere glaube ich irgendwie mehr, aber meine zweite Vermutung ist, dass das Metall etwas geschmolzen ist und dadurch halt etwas größer geworden ist. Also, dass es sich etwas verbreitet hat, irgendwie mehr gedehnt hat, also ausgebreitet hat und dadurch größer geworden ist. Das waren meine zwei Vermutungen. Ich bin mir nicht sicher, aber mir gefallen irgendwie beide mittel gut. Ich weiß ja nicht was richtig ist, also sind beide fifty-fifty.

(98-127) Die Hitze hat auch irgendwie ein bisschen Platz weggenommen, und dadurch ist das Wasser hochgekommen. Was ich auch erklären kann ist, dass Flamme und auch Hitze Luft brauchen. Die Flamme braucht Luft damit sie leben kann, sozusagen. Wenn man jetzt ein Glas über die Flamme macht, dann hört die Flamme auf zu flammen, weil die braucht ja auch Luft, sag ich jetzt mal. Und wenn hier das Ding dran ist, zum Beispiel, bekommt das, also nein. Warten Sie. Ich weiß jetzt nicht wie ich es erklären soll, ich bin jetzt in die falsche Richtung gegangen. Dort das Wasser, das dort ist, kommt halt hoch, weil dort die Hitze den Platz verbraucht. Die Hitze braucht halt auch ihren Platz und da das wärmer wird, kommt das hoch. Wie wenn ich jetzt Wasser koche. Da kommt es ja auch irgendwie so hoch. Dann kocht es ja und dann kommen so Blubberbläschen und dann wird es ja auch höher. Das sehe ich irgendwie ein bisschen als eine Verbindung zueinander. Dass das dann halt so hoch kocht, sozusagen.

(134-146) Was ich mir jetzt nicht erklären kann, ist wie schnell das passiert ist. Das ist richtig schnell passiert und ich weiß nicht so richtig wie das so schnell passiert ist, wie der sich so schnell aufgeblasen hat. Das Wasser hat sich erhitzt und da drinnen ist auch Luft, denke ich jetzt mal, und die hat sich auch erhitzt.

(146-162) Was ich als erstes geglaubt habe ist, dass das Wasser hochgeflossen ist und hier rein. Nachdem ich das angefühlt habe, glaube ich das jetzt aber nicht mehr, weil das hat sich nicht nach Wasser angefühlt. Es fühlt sich eher nach Luft an. Also müsste theoretisch die Luft irgendwie von der Hitze nach oben gesteuert werden, sozusagen. Und dann in den Luftballon hinein. So würde ich mir das erklären, ich bin mir aber

nicht genau sicher. Die Luft hat sich erwärmt und dann wurde sie halt durch die Hitze nach oben transportiert.

C3: Lydia geordnete Aussagen

Scheinerklärung: Erwärmung bewirkt, dass sich Metall durch zusätzliche äußere Schichten vergrößert.

(55-91) Also an die andere glaube ich irgendwie mehr, aber meine zweite Vermutung ist, dass das Metall etwas geschmolzen ist und dadurch halt etwas größer geworden ist. Also, dass es sich etwas verbreitet (gedehnt, ausgebreitet) hat und dadurch größer geworden ist.

Scheinerklärung: Wärme ist ein Stoff, der Platz verbraucht.

(9-16, 55-91, 98-127) Ich denke, dass die Kugel größer wurde, weil die Hitze dem Metall den Platz wegnimmt. Sie haben die Metallkugel mit dem Gas erhitzt und die Metallkugel ist dadurch größer geworden. Meine Vermutung ist, dass die Hitze vielleicht einen Platz im Inneren weggenommen hat und das Äußere ist dicker geworden. {Bei Versuch 2} wird das Wasser erhitzt und die Hitze verbraucht auch etwas Platz (Platz weggenommen). Das Wasser ist hochgekommen, weil dort die Hitze den Platz verbraucht (braucht auch ihren Platz).

Scheinerklärung: Wärme bringt Dinge generell zum hochsteigen.

(39-46, 98-127, 146-162) Irgendwie sehe ich da eine Verbindung zu dem {Versuch 2} da, weil da ist es ja auch praktisch irgendwie das Gleiche, weil da ist nur das Wasser hochgekommen, aber oben ist ja kein Ballon dran. Deswegen kann die Luft raus und hier kann die Luft halt nicht raus und deswegen bleibt das da dran. Die Hitze hat auch irgendwie ein bisschen Platz weggenommen, und dadurch ist das Wasser hochgekommen. Wie wenn ich jetzt Wasser koche. Da kommt es ja auch irgendwie so hoch. Dann kocht es ja und dann kommen so Blubberbläschen und dann wird es ja auch höher. Das sehe ich irgendwie ein bisschen als eine Verbindung zueinander. Dass das dann halt so hoch kocht, sozusagen. {In dem Luftballon} fühlt es sich eher nach Luft an. Also müsste theoretisch die Luft irgendwie von der Hitze nach oben gesteuert werden, sozusagen. Und dann in den Luftballon hinein. So würde ich mir das erklären, ich bin mir aber nicht genau sicher. Die Luft hat sich erwärmt und dann wurde sie halt durch die Hitze nach oben transportiert.

Scheinerklärung: Verdunstung/Verdampfung, die nach oben steigt.

(9-16, 24-36) Das Wasser wird erhitzt und die Hitze verbraucht auch etwas Platz. Ich bin mir nicht sicher, {aber} dadurch verdunstet das dann oben und dadurch wird {der Luftballon} dann so rund. Da kommt dann Luft {hinein} vermute ich. Ich bin mir nicht ganz sicher, aber ich glaube er hat sich eher mit erhitzter Verdunstung aufgeblasen. Es fühlt sich nach Luft an, nach Verdunstung. Also es fühlt sich irgendwie an als wäre irgendwas verdunstet.

Verbindung zwischen den 3 Versuchen/Aggregatzuständen

(49-52) Also ich glaube das {Versuch 3} hat nicht auch noch eine Verbindung zu der Kugel. Vielleicht damit, dass es das auch hier größer geworden ist. Also eigentlich sehe ich jetzt irgendwie keine Verbindung mit der Kugel.

D1: Anna Transkript

- 1 [Aufnahme fängt abrupt an]
- 2 S: und Kälte zieht zusammen. Deshalb sind die Winterferien auch nur zwei,
3 oder die Weihnachtsferien nur zwei Wochen lang, Sommerferien sechs
4 Wochen.
- 5 I: Diesen Witz habe ich heute auch schon - schon mal gehört
- 6 S: [lacht]
- 7 I: Von Lukas glaube ich. So [macht Bunsenbrenner an und erhitzt
8 Metallkugel] das ist ein sehr heißes Feuer, deswegen ist das blau, also
9 vorsichtig - vorher ist dieser Stift einmal rausgefallen, ich hoffe, dass das
10 jetzt nicht mehr passiert - das wäre ein bisschen blöd. Ok.
- 11 S: Ah das wird jetzt mega heiß
- 12 I: Also ich halte das jetzt so drüber ---
- 13 S: Oa, das sieht man richtig, wie das größer wird. Jetzt habe ich schiss.
14 Sieht aus als würde es gleich runterfallen, das fällt runter [schnell]!
- 15 I: Ja?
- 16 S: Ja, sieht jedenfalls so aus, es rutscht runter.
- 17 I: Ich probiere mal, guck mal es passt noch normal durch. Ja? Nach oben
18 hakt es ein bisschen, ich versuche es noch ein bisschen zu erwärmen.
19 Guck mal, ich halte es so, dass es nicht runterfällt.
- 20 S: Ich habe immer
- 21 I: da passiert nichts, keine Sorge
- 22 S: ich habe immer schiss, dass es dort explodiert
- 23 I: Nein also das ist Eisen, ja? Das wird nur heiß
- 24 S: Nur ist gut

25 I: Das wird nicht explodieren -- und schmelzen wird es auch nicht bei
 26 dieser Hitze.

27 S: Ist das zu wenig?

28 I: Noch mehr?

29 S: Nein, ich meine es ist zu wenig heiß

30 I: Ja, ja, ja, ja - Ok mal gucken, ob das reicht. -- da, siehst du? Passt nicht
 31 mehr durch. --- Wow.

32 S: Das sollte man jetzt besser nicht anfassen.

33 I: Ja. - Das war der eine Versuch. Was glaubst du denn, vielleicht kannst du
 34 mir schon -- versuchen zu erklären, warum das denn so ist.

35 S: [atmet schwer aus] Was, das so ist? Also, dass es sich ausdehnt?

36 I: warum, warum das, ja. Wieso hat sie da nicht mehr durchgepasst?

37 S: Weil sie sich ausgedehnt hat. Durch die Hitze.

38 I: Hmhm

39 S: Sie ist größer geworden.

40 I: Hmhm. Ist das immer so? Bei allem, das wir warm machen?

41 S: Nein, bei Wasser zum Beispiel nicht, das fängt an zu kochen und dann
 42 verdunstet es bei, ab einer bestimmten Grad Zahl - ich glaube 100 oder
 43 sowas.

44 I: Ok. Dann gucken wir es uns doch gleich mal an bei Wasser. Das hier ist
 45 nämlich Wasser. Buntes Wasser.

46 S: Ok, dass man es besser erkennt, wahrscheinlich.

47 I: Hmhm, genau. - das ist hier voll, bis hier oben hin. Das ist einfach so ein
 48 Rohr, das ist da durchgesteckt, das geht da ins Wasser rein -- ja. Und
 49 noch ist es - es ist noch ein bisschen warm, ich mache es mal ein
 50 bisschen kälter, von außen [lässt kaltes Wasser über den
 51 Erlenmeyerkolben mit buntem Wasser fließen] --- und danach

52 S: ah, wir stellen das jetzt da rein, oder?

53 I: Genau. Ich mache da warmes Wasser rein und dann stelle ich hier den
54 Kolben rein. Was glaubst du was passiert dann?

55 S: Das Wasser wird nach oben gedrückt?

56 I: Du meintest ja vorher, dass es verdunstet, oder?

57 S: Ja, es verdunstet, aber ich wusste ja nicht, dass wir sowas da machen.
58 Aber wenn es, wenn das Wasser jetzt - noch

59 I: Oh guck mal, die Kugel ist jetzt wieder durchgefallen.

60 S: Oh, habe ich gar nicht gemerkt.

61 I: Ja.

62 S: Ich glaube das letzte Mal als das, als das war da bin ich mega
63 erschrocken, weil die Kugel dann plötzlich da hat's platsch gemacht

64 I: Du hast das schon mal gesehen?

65 S: - ich glaube schon, ich bin mir aber nicht sicher.

66 I: Ok. - So. Ich fülle das jetzt mal hier rein [schüttet das heiße Wasser in die
67 Glasschüssel]

68 S: Ohoo

69 I: Ja, das ist ziemlich heiß

70 S: Also auch besser nicht anfassen. (4 sec)

71 I: So. - Also du hast verstanden, oder? Was das ist? Das ist, fass mal an, um
72 zu sehen wie warm es ist. Ist normal, oder?

73 S: Hmhm

74 I: Ok und jetzt stelle ich es da rein (5 sec) und jetzt guck mal genau zu. ---

75 S: Und es wird nach oben gedrückt. Ich hatte wieder recht.

76 I: Ja? Sieht man, oder?

77 S: Ja. Auch wenn es nur ganz wenig ist.

78 I: Wie, wie erklärst du dir das?

79 S: Druck.

80 I: Hmhm. Kannst du das noch mehr erklären?

81 S: Hm (7 sec) die Hitze drückt auf das Glas und das Glas - hm, eigentlich
82 würde es sich ausdehnen, oder nicht? Hm. [leise, überlegend] Also das
83 Glas wird warm und diese Wärme, da entsteht Druck und dieser Druck
84 lässt das nach oben steigen, die Flüssigkeit.

85 I: Hmhm (5 sec)

86 S: Wir haben auch bis jetzt nur ein Experiment gemacht, also [zuckt mit den
87 Schultern] so viel weiß ich noch nicht.

88 I: Na, du bist schon richtig gut darin. Beschreiben und versuchen zu
89 erklären, das macht man ganz oft in der Physik. - Ok, dann zeige ich dir
90 jetzt noch einen, ja? - Hier siehst du ist ein bisschen Wasser drinnen, aber
91 vor allem Luft.

92 S: Hmhm

93 I: Und hier stülpe ich jetzt den Luftballon drüber --- und lege das mal

94 S: auch in das Wasser dann wird der Luftballon aufgeblasen glaube ich war
95 das oder irgendwie sowas, weiß nicht

96 I: hast du das auch schon mal gesehen?

97 S: Nein, ich vermute. Ich meine

98 I: Ok, komm wir gucken genau auf den Luftballon. Du vermutest.

99 S: Ich vermute nur, genau

100 I: Hmhm, ja super. (5 sec) und sieht man was? -

101 S: Ja, er wird praller. -- Aber es kann auch daran liegen, dass ein bisschen
102 Luft mit drinnen ist, als man den st- drübermacht. Ist ja nicht komplett
103 leer. (6 sec)

104 I: Hmhm. Was glaubst du was passiert, wenn ich jetzt noch ein bisschen
105 warmes Wasser, warte mal ist hier noch was drinnen? Nein.

106 S: Dann wird er vielleicht auch größer?

107 I: Hmhm, und könntest du versuchen, das zu erklären?

108 S: - wieder durch den Druck. - Weil da ist ja noch heiße Luft drinnen, und,
109 oder Luft, und die wird durch das- durch diesen Druck vom Wasser wird
110 das nach oben gepresst in den Luftballon

111 I: Ok. Du meinst also das Wasser macht den Druck? - Oder die Luft?

112 S: Die Hitze.

113 I: Die Hitze - und wie genau kann man sich das vorstellen?

114 S: Keine Ahnung [lacht] --

115 I: Ok. Siehst du eine Verbindung zwischen den drei Versuchen?

116 S: Ja [langgezogen, zögernd]

117 I: Oder sind das unterschiedliche Sachen?

118 S: Es ist alles mit Hi- hat alles mit Hitze zu tun, das heißt, es muss an der
119 Hitze liegen - weil, wir können das auch mal mit kaltem Wasser
120 probieren und da würde wahrscheinlich nichts passieren.

121 I: Hmhm

122 S: - deshalb würde ich sagen es hat mit Hitze zu tun hauptsächlich - dann
123 halt auch mit Druck (8 sec) mehr fällt mir dazu nicht ein.

124 I: Fällt dir irgendwas auf, was bei allen ungefähr gleich war? --- nachdem
125 wir es erhitzt haben? --

126 S: Hier ist das Wasser nach oben gestiegen - Hier wurde es erhitzt und dann
127 kam hier die Luft rein, ja.

128 I: Also bei allen ist was nach oben gestiegen?

129 S: Ja, oder halt voller geworden, oder groß ---

130 I: Größer geworden. --- Hast du denn eine Vorstellung, wie, wie das da
131 innendrin aussehen könnte? Jetzt im Wasser drin, oder in der Luft

132 S: Achso die M-, M-

133 I: Hast du da schon

134 S: Molekulare oder wie auch immer das Ganze heißt

135 I: Hmhm

136 S: Also es, Wasser sind so kleine Teilchen, die sind alle miteinander
137 verbunden

138 I: Hmhm

139 S: Und sowas habe ich auch schon mal gesehen, und dann irgendwie kommt
140 da die Luft dazu ich weiß es nicht mehr. Aber ich glaube das war auch
141 mit Essig oder sowas wenn man das da drauf träufelt dann reißt diese
142 Schicht, das ist eine feste Schicht und wenn da zum Beispiel Essig drauf
143 träufelt dann reißt die irgendwie oder sowas.

144 I: Ah, cool - und was glaubst du, passiert mit diesen Teilchen? Wenn das,
145 wenn das jetzt erwärmt wird?

146 S: Keine Ahnung, vielleicht werden die größer oder - werden
147 zusammengedrückt und das war dadurch, dass das Wasser verdunstet

148 I: Ja, und glaubst du, dass das dann der Grund ist, dass das größer wird und
149 so?

150 (6 sec)

151 S: [zuckt mit den Schultern]

152 I: wäre auf jeden Fall plausibel, oder? (18 sec) Ja gut - das war es eigentlich
153 auch schon.

D2: Anna redigierte Aussagen

(36-43) Sie (die Kugel) hat da nicht mehr durchgepasst, weil sie sich durch die Hitze ausgedehnt hat. Sie ist größer geworden. Das ist bei Wasser zum Beispiel nicht so. Das fängt an zu kochen und dann verdunstet es ab einer bestimmten Grad Zahl, ich glaube 100 oder sowas.

(52-55) Wir stellen das jetzt da rein und das Wasser wird nach oben gedrückt.

(75-84) Es wird nach oben gedrückt. Ich hatte wieder recht. Man sieht es, auch wenn es nur ganz wenig ist. Die Hitze drückt auf das Glas und das Glas wird warm. Da entsteht Druck und dieser Druck lässt die Flüssigkeit nach oben steigen.

(93-99) {Der Luftballon wird darübergestülpt, auch in das Wasser gelegt} und dann wird der Luftballon aufgeblasen, vermute ich.

(101-112) Er {der Luftballon} wird praller, aber es kann auch daran liegen, dass ein bisschen Luft mit drinnen ist, {wenn} man den drübermacht. Er ist ja nicht komplett leer. Wenn man jetzt noch ein bisschen warmes Wasser {hinzufügt}, dann wird er vielleicht auch größer. Das kann man wieder durch den Druck erklären, weil da ist ja noch (heiße) Luft drinnen und die wird durch diesen Druck vom Wasser nach oben in den Luftballon gepresst. Die Hitze macht den Druck.

(118-123) Es hat alles mit Hitze zu tun, das heißt, es muss an der Hitze liegen, weil wir können das auch mal mit kaltem Wasser probieren und da würde wahrscheinlich nichts passieren. Deshalb würde ich sagen es hat hauptsächlich mit Hitze zu tun und dann halt auch mit Druck.

(126-129) Hier ist das Wasser nach oben gestiegen, hier wurde es erhitzt und dann kam hier die Luft rein. Bei allen ist was nach oben gestiegen oder halt voller oder größer geworden.

(136-147) Wasser sind so kleine Teilchen, die sind alle miteinander verbunden. So etwas habe ich auch schon mal gesehen. Irgendwie kommt da die Luft dazu. Ich glaube das war auch mit Essig oder so etwas. Wenn man das da drauf träufelt, dann reißt diese feste Schicht. Wenn das jetzt erwärmt wird, dann werden diese Teilchen, da das Wasser verdunstet, vielleicht größer oder zusammengedrückt.

D3: Anna geordnete Aussagen

Beobachtung: Ausdehnung bei Erwärmung

(36-43) Die Kugel hat da nicht mehr durchgepasst, weil sie sich durch die Hitze ausgedehnt hat. Sie ist größer geworden. Das ist bei Wasser zum Beispiel nicht so. Das fängt an zu kochen und dann verdunstet es ab einer bestimmten Grad Zahl, ich glaube 100 oder sowas.

Scheinerklärung: Wärme erzeugt Druck

(52-55, 75-84, 101-112) Wir stellen das jetzt da rein und das Wasser wird nach oben gedrückt. Es wird nach oben gedrückt. Ich hatte wieder recht. Man sieht es, auch wenn es nur ganz wenig ist. Die Hitze drückt auf das Glas und das Glas wird warm. Da entsteht Druck und dieser Druck lässt die Flüssigkeit nach oben steigen. {Der Luftballon} wird praller, aber es kann auch daran liegen, dass ein bisschen Luft mit drinnen ist, {wenn} man den drübermacht. Er ist ja nicht komplett leer. Wenn man jetzt noch ein bisschen warmes Wasser {hinzufügt}, dann wird er vielleicht auch größer. Das kann man wieder durch den Druck erklären, weil da ist ja noch (heiße) Luft drinnen und die wird durch diesen Druck vom Wasser nach oben in den Luftballon gepresst. Die Hitze macht den Druck.

Teilchenvorstellungen

(136-147) Wasser sind so kleine Teilchen, die sind alle miteinander verbunden. So etwas habe ich auch schon mal gesehen. Irgendwie kommt da die Luft dazu. Ich glaube das war auch mit Essig oder so etwas. Wenn man das da drauf träufelt, dann reißt diese feste Schicht. Wenn das jetzt erwärmt wird, dann werden diese Teilchen, da das Wasser verdunstet, vielleicht größer oder zusammengedrückt.

Verbindung zwischen den 3 Versuchen/Aggregatzuständen

(118-123, 126-129) Es hat alles mit Hitze zu tun, das heißt, es muss an der Hitze liegen, weil wir können das auch mal mit kaltem Wasser probieren und da würde wahrscheinlich nichts passieren. Deshalb würde ich sagen es hat hauptsächlich mit Hitze zu tun und dann halt auch mit Druck. Hier ist das Wasser nach oben gestiegen, hier wurde es erhitzt und dann kam hier die Luft rein. Bei allen ist was nach oben gestiegen oder halt voller oder größer geworden.

E1: Michael Transkript

- 1 S: Breitet der Luftballon sich aus? (4 sec)
- 2 I: Pass mal auf. Ich mache das so, ich brauche noch einen Stuhl
- 3 S: Weil das Wasser, heißes Wasser, das wird ja zu Dampf und das ge- steigt
4 nach oben.
- 5 I: Hmhm
- 6 S: Vielleicht könnte sich so der Luftballon auf
- 7 I: Also hier ist eine leere Glasdings, ja?
- 8 S: Ja
- 9 I: Und da ist der Luftballon. Ich lege das mal so rein und jetzt schüttele ich
10 das Wasser drüber. Und du hast es schon mal gesagt, was glaubst du
11 passiert?
- 12 S: Luftballon dehnt sich aus.
- 13 I: Hmhm. Ok gucken wir mal. [schüttet das heiße Wasser über die
14 Glasflasche] --
- 15 S: Ja da passiert was am- Ja! Dehnt sich dann aus.
- 16 I: Ja. Richtig gut. - So wie du es erwartet hast, richtig?

17 S: Ja.

18 I: Ok.

19 S: Aber jetzt kommt das nicht weiter. (4 sec)

20 I: Warum? Versuch doch mal zu erklären warum du glaubst, dass das so
21 passiert ist.

22 S: Weil die Wärme steigt nach oben.

23 I: Hmhm

24 S: Und dann der Luftballon ist ja oben und dann steigt die Wärme in den
25 Luftballon und das drückt dann --

26 I: Ok. -- Also zuerst, - was hat denn das Wasser gemacht, das ich
27 reingeschüttet habe?

28 S: Also ganz - das Wasser hat das Glas also die Luft innendrin und alles
29 erwärmt und dann da ist dann der Luftballon aufgeblasen.

30 I: Ah, ok. Also erwärmt.

31 S: Hmhm -

32 I: Und wie kann man sich vorstellen, dass es innendrin aussieht in der Luft?
33 Kannst du- hast du da eine Idee?

34 S: Weiß ich nicht.

35 I: Ok. Also sie hat sich erwärmt

36 S: Da ist Wasser nach oben gekommen. Das ist alles nach oben.

37 I: Hmhm. Warum glaubst du ist das passiert?

38 S: Weil der Dampf steigt nach oben und der Dampf ist ja gekochtes Wasser
39 und wenn ich meine Hand hier jetzt die ganze Zeit drüber halte ist da
40 auch bisschen Feuchtigkeit

41 I: Hmhm

42 S: Oder wenn man beim Kochtopf den Deckel drauf macht und ihn dann
43 hochhebt, ist sie überall wegen dem Dampf der steigt ja auf

44 I: stimmt, ja. --- Was hat denn der Versuch mit den anderen zu tun?

45 S: Ahja er hat mit Hitze zu tun. Er hat aber was mit ausbreiten zu tun

46 I: Ok, kannst du das genauer erklären?

47 S: Also, alle Dinge die Sie jetzt gemacht haben, die haben Sie mit Hitze
48 gemacht und die haben sich immer ausgebreitet, mit der Hitze.

49 I: Kannst du es bei jedem einzelnen nochmal erklären? Was war bei der
50 Kugel?

51 S: Bei der Kugel, die hat perfekt durchgepasst, dann haben Sie es erwärmt,
52 also richtig heiß erwärmt und die hat sich dann bisschen ausgedehnt und
53 dann ist- hat die dann nicht - ist die dann nicht reingepasst. Mit dem
54 Wasser, das weiß ich nicht genau warum sich das - aber es hat auch so
55 was Ähnliches wie mit dem Luftballon zu tun. Das steigt ja nach oben
56 und beim Luftballon ist es halt genau das gleiche. Die Luft steigt nach
57 oben, aber jetzt wird er weniger.

58 I: Hmhm. Warum glaubst du wird der Luftballon jetzt weniger
59 aufgeblasen?

60 S: Weil das Wasser sich bisschen abkühlt -

61 I: Welches Wasser meinst du jetzt? Das da drin?

62 S: Ja

63 I: Ok. --- Ja du hast gesagt das hat alles was mit Ausdehnung zu tun

64 S: Und mit Hitze.

65 I: Ja hast du eine Idee was -- warum sich das ausdehnt?

66 S: Nein - nö - ne - das weiß ich nicht

67 I: Ok. Hast du schon mal was von Teilchen, von kleinen Teilchen gehört?

68 S: Ja – Atome.

69 I: Hmhm. Glaubst du es könnte damit was zu tun haben?

70 S: Ja. Wenn die erhitzt werden glaube ich breiten die sich aus. - Glaube ich
71 - ich weiß es nicht.

72 I: Wenn man die erhitzt, dann breiten sie sich aus.

73 S: Mmja? [unsicher] --

74 I: Nur eine Vermutung.

75 S: Nur eine Vermutung, ja.

76 I: Ok. --- fällt dir - glaubst du es ist immer so, wenn wir was erwärmen?

77 S: Nein. -- Wenn man das da erwärmt - wenn man so Kunststoff oder
78 Plastik das fängt immer an dann zu schmelzen aber erwärmt sich nicht.

79 I: Hmhm ok. Also wann, wann dehnt es sich dann aus?

80 S: Weiß ich nicht genau, wenn es - keine Ahnung nur Wasser, Metall oder
81 keine Ahnung.

82 I: Hmhm, ok. Ja also bei diesen Stoffen hat sich es ja ausgedehnt, oder?

83 S: Ja.

84 I: Ok -- gut, ja das war es eigentlich auch schon. Was hast du denn bei der
85 3 noch geschrieben?

86 S: Wenn man Metall erhitzt, dehnt es sich aus [vorgelesen]

87 I: Hmhm und auf der anderen Seite?

88 S: Wenn man das Wasser erhitzt, steigt es nach oben [vorgelesen] wegen
89 der Lu- also - das dehnt sich auch aus das mein ich genau das gleiche. -

90 I: Kannst du es nochmal genau erklären? Also was genau meinst du bei
91 dem Wasser?

92 S: Also - das wird erhitzt und das steigt bisschen nach oben

93 I: Was, was genau steigt da nach oben?

94 S: Das Wasser das erhitzt wird das steigt nach oben.

95 I: Aber das ist ja, unten war ja dann nicht - kein Wasser, oder? Es war ja
96 immer überall noch Wasser. -

- 97 S: Das dehnt sich aus.
- 98 I: Ok.
- 99 S: Das breitet sich aus.
- 100 I: Hmhm

E2: Michael redigierte Aussagen

(12-25) Der Luftballon dehnt sich aus, weil die Wärme nach oben steigt. Der Luftballon ist ja oben und dann steigt die Wärme in den Luftballon und das drückt dann.

(28-43) Das Wasser hat das Glas (die Luft) innendrin und alles erwärmt und da hat sich dann der Luftballon aufgeblasen. Da ist Wasser (alles) nach oben gekommen, weil der Dampf steigt nach oben und der Dampf ist ja gekochtes Wasser. Wenn ich meine Hand hier jetzt die ganze Zeit darüber halte, ist da auch ein bisschen Feuchtigkeit. Oder wenn man beim Kochtopf den Deckel draufmacht und ihn dann hochhebt, ist sie überall wegen dem Dampf. Der steigt ja auf.

(44-48) Er {Versuch, alle Versuche} hat mit Hitze zu tun. Er hat aber was mit ausbreiten zu tun. Alle Dinge die Sie jetzt gemacht haben, die haben Sie mit Hitze gemacht und die haben sich mit der Hitze immer ausgebreitet.

(51-62) Die Kugel, die hat perfekt durchgepasst. Dann haben Sie es erwärmt, also richtig heiß erwärmt, und die hat sich dann ein bisschen ausgedehnt und hat dann nicht reingepasst. Mit dem Wasser weiß ich nicht genau warum, aber es hat auch mit so etwas Ähnlichem wie mit dem Luftballon zu tun. Das steigt ja nach oben und beim Luftballon ist es halt genau das Gleiche. Die Luft steigt nach oben, aber jetzt wird er weniger aufgeblasen, weil sich das Wasser da drinnen ein bisschen abkühlt.

(63-75) {Das hat alles etwas mit Ausdehnung} und Hitze zu tun. Wenn die (Atome, kleinen Teilchen) erhitzt werden, breiten die sich aus. Ich weiß es nicht, {das ist} nur eine Vermutung.

(76-81) {Ich glaube es ist nicht immer so, wenn wir etwas erwärmen}. Wenn man Kunststoff oder Plastik erwärmt, dann fängt das immer an zu schmelzen, aber es erwärmt sich nicht. {Es dehnt sich nur bei Wasser oder Metall aus}.

(86-89) „Wenn man Metall erhitzt, dehnt es sich aus.“ „Wenn man das Wasser erhitzt, steigt es nach oben.“ Das dehnt sich auch aus, das meine ich. Genau das Gleiche.

(94-99) Das Wasser, das erhitzt wird, das steigt nach oben. Das dehnt sich aus. Das breitet sich aus.

E3: Michael geordnete Aussagen

Beobachtung: Ausdehnung bei Erwärmung

(51-62, 86-89, 94-99) Die Kugel, die hat perfekt durchgepasst. Dann haben Sie es erwärmt, also richtig heiß erwärmt, und die hat sich dann ein bisschen ausgedehnt und hat dann nicht reingepasst. Wenn man Metall erhitzt, dehnt es sich aus. Wenn man das Wasser erhitzt, steigt es nach oben. Das dehnt sich auch aus (breitet sich aus), meine ich. Genau das Gleiche.

Scheinerklärung: Wärme bringt Dinge generell zum hochsteigen.

(12-25, 51-62, 94-99) Der Luftballon dehnt sich aus, weil die Wärme nach oben steigt. Der Luftballon ist ja oben und dann steigt die Wärme in den Luftballon und das drückt dann. Mit dem Wasser weiß ich nicht genau warum, aber es hat auch mit so etwas Ähnlichem wie mit dem Luftballon zu tun. Das steigt ja nach oben und beim Luftballon ist es genau das Gleiche. Die Luft steigt nach oben, aber jetzt wird er weniger aufgeblasen, weil sich das Wasser da drinnen ein bisschen abkühlt. Das Wasser, das erhitzt wird, das steigt nach oben.

Scheinerklärung: Verdunstung/Verdampfung, die nach oben steigt.

(28-43, 51-62) Das Wasser hat das Glas (die Luft) innendrin und alles erwärmt und da hat sich dann der Luftballon aufgeblasen. Da ist Wasser (alles) nach oben gekommen, weil der Dampf steigt nach oben und der Dampf ist ja gekochtes Wasser. Wenn ich meine Hand hier jetzt die ganze Zeit darüber halte, ist da auch ein bisschen Feuchtigkeit. Oder wenn man beim Kochtopf den Deckel draufmacht und ihn dann hochhebt, ist sie überall wegen dem Dampf. Der steigt ja auf. Mit dem Wasser weiß ich nicht genau warum, aber es hat auch mit so etwas Ähnlichem wie mit dem Luftballon zu tun. Das steigt ja nach oben und beim Luftballon ist es halt genau das Gleiche. Die Luft steigt nach oben, aber jetzt wird er weniger aufgeblasen, weil sich das Wasser da drinnen ein bisschen abkühlt.

Teilchenvorstellungen

(67-75) {Ich habe schon mal von kleinen Teilchen gehört}. Wenn die (Atome) erhitzt werden, breiten die sich aus. Ich weiß es nicht, {das ist} nur eine Vermutung.

Verbindung zwischen den 3 Versuchen/Aggregatzuständen

(44-48, 76-81) {Der Versuch, alle Versuche} hat mit Hitze zu tun. Er hat aber {auch} was mit Ausbreiten zu tun. Alle Dinge die Sie jetzt gemacht haben, die haben Sie mit Hitze gemacht und die haben sich mit der Hitze immer ausgebreitet. {Das hat alles etwas mit Ausdehnung} und Hitze zu tun. {Ich glaube es ist nicht immer so, wenn wir etwas erwärmen}. Wenn man Kunststoff oder Plastik erwärmt, dann fängt das immer an zu schmelzen, aber es erwärmt sich nicht. {Es dehnt sich nur bei Wasser oder Metall aus}.

F1: Max & Daniel Transkript

- 1 Max: Das kann man hier schon (fühlen)
- 2 Daniel: Das kann man () was ist da los?
- 3 I: Ach stimmt warte ich muss ja den Versuch jetzt neu machen. So ihr seid
- 4 Max und du bist
- 5 Daniel: Daniel
- 6 I: Daniel hier, ok.
- 7 Daniel: Und was ist damit? warum kriegen wir das ()
- 8 I: nein das -- ich wollte es nur hier haben. Ich muss den hier noch mal
- 9 vorbereiten gleich.
- 10 Daniel: Und was - sollen wir die jetzt mitnehmen oder
- 11 I: Nein nein, lass sie einfach liegen erstmal. Nur dass ihr noch mal auf die -
- 12 auf die 3 gucken könnt oder so, falls ihr das wollt [lässt kaltes Wasser
- 13 über den Erlenmeyerkolben aus Versuch 3 laufen] -- ich kühle das jetzt
- 14 wieder ein bisschen ab, weil ich das vorher erhitzt hatte --- wie ihr seht
- 15 das ist ein - so ein leeres Glas - und da ist ein - Luftballon drüber.
- 16 Daniel: Das habe ich auch schon mal gemacht, das Experiment.
- 17 I: Ja?
- 18 Daniel: Hmhm
- 19 I: Was ist da passiert?
- 20 Daniel: Ähm ja durch die heiße Luft - geht der Luftballon bläst sich dann auf
- 21 I: Hmhm
- 22 Daniel: Ähm ja (5 sec)
- 23 I: Kannst du noch mal versuchen genauer zu erklären?
- 24 Daniel: Also - wa- de-- Hi- Hitze steigt ja nach oben - und da wir das Wasser
- 25 erhitzen

26 Max: Da ist Dampf

27 Daniel: - genau, da ist ja Wasserdampf - und der Wasserdampf steigt nach oben -
28 und dadurch bläst sich der Luftballon ein kleines bisschen auf

29 I: Ok.

30 Max: Ach das ist ja schon, das ist ja alles (abgelockert)

31 Daniel: Ja

32 Max: Wegen die Abkühlung

33 [...]

34 I: ich werde das dann da drüber schütten und so wie du das gesagt hast
35 stimmt das dann bläst sich der auf

36 Daniel: Es ist zwar nicht so stark aber ein bisschen bläst er sich schon auf.

37 I: Hmhm und was glaubt ihr ist dann drin in dem Luftballon?

38 Daniel: Wasserdampf

39 Max: Dampf

40 I: Wasserdampf?

41 Daniel: Hmhm

42 I: Ok -- hat das denn irgendwas zu tun mit den anderen Versuchen?

43 Daniel: --- eigentlich ja weil es geht eigentlich bei den ganzen - Stationen geht es
44 irgendwie um Hitze also Energie, um Wärme.

45 I: Hmhm - ok und was machen wir mit der Wärme?

46 Max: Experimentieren

47 Daniel: Heizen, experimentieren --

48 Max: Weil etwas he- über (jetzt) herausfinden

49 Daniel: Hmhm

50 I: Ok schauen wir uns das hier nochmal genauer an. Ich schütte das jetzt
51 hier drauf [schüttet das heiße Wasser über die Glasflasche] (4 sec)

52 S: cool [leise] ---

53 I: Nicht schlecht oder?

54 Daniel: Hmhm (4 sec)

55 Max: Jetzt brauche ich meine Luftballons nicht mehr aufs- aufzupusten extra

56 I: ja genau [schmunzelnd], du machst es immer mit heißem Wasser ab jetzt

57 ---

58 Max: aber umso gefährlicher --

59 I: So, komm wir nehmen es noch mal der Reihe nach, also ich habe hier

60 heißes Wasser reingeschüttet was hat diese Hitze von dem Wasser

61 gemacht?

62 Max: Ähmm

63 Daniel: - das hat halt das Wasser ist halt -- bisschen - verdunstet, also, ganz

64 wenig - und der Wasserdampf ist dann hochgestiegen

65 I: Welcher Wasserdampf? Wo ist der?

66 Daniel: Ähm

67 Max: Hier diese kleinen Luftbläschen

68 Daniel: genau.

69 I: In dem Dings hier drin

70 Max: Au

71 Daniel: Genau in dem

72 I: Vorsicht

73 Daniel: In dem Röhrchen ist der, ist der drin

74 I: Ok - und wie war das denn bei der Kugel?

75 Daniel: Also bei der Kugel - das - war also - das - also ich habe auf meinen Zettel

76 geschrieben - weil - es kam halt es ist ein kleines bisschen verbrannt -

77 und das ist dann - ja, also - ich habe geschrieben durch die Hitze wird das

78 Eisen heiß [vorgelesen].

79 I: Erklär ruhig mit deinen Worten einfach

80 Daniel: - also das wird halt heiß

81 I: Hmhm

82 Daniel: - und ein bisschen von den -- dann wird ein kleines bisschen aber nur
83 ganz wenig flüssig, und das kommt dann an der Seite aber das kommt
84 dann wieder direkt neu drauf -

85 I: Hmhm

86 Daniel: Mja

87 I: Also du glaubst es schmilzt ein bisschen was und das macht es dann
88 größer praktisch ok - was glaubst du dazu?

89 Max: Ich?

90 I: Bei der Kugel? Hmhm

91 Max: Ich finde einfach, -- dass die Hitze halt - andere Dinge halt – sch --
92 schwollen lässt

93 I: Hmhm

94 Max: Also größer gew- (mach- lang-) lässt

95 I: Nur, nur jetzt bei dem Versuch oder auch bei- generell?

96 Daniel: also

97 Max: Generell

98 Daniel: Generell

99 I: Ja?

100 Max: Das ist auch wahrscheinlich die Erklärung für das Wasser das wurde ja
101 mehr und das ist dann hochgestiegen.

102 Daniel: Hmhm

103 I: Hmhm - Also was hat das Wasser gemacht in der- in der Flasche drin?

104 Max: das habe ich hier zwar nicht - hingeschrieben

105 Daniel: Also das - von der Hitze ist das halt hochgestiegen
106 I: Ok. Ist es dann auch irgendwie größer geworden? Oder ist es einfach nur
107 hochgestiegen?
108 Daniel: Ja, ein bisschen schon.
109 I: Ja?
110 Max: Also- also das Wasser ist halt mehr geworden
111 Daniel: Hmhm
112 I: Hmhm - Ok. - habt ihr schon mal was von Teilchen gehört?
113 Max: Nein
114 Daniel: Mhmh
115 I: Dass - von Atomen? Oder Molekülen? Sagt euch das irgendwas?
116 Daniel: Habe ich schon mal gehört von Molekülen, aber -
117 I: Ok
118 Max: Ich habe noch nichts gehört.
119 I: Ok gut, kein Problem das macht ihr noch in der Schule. Aber damit kann
120 man auch viele von diesen Versuchen erklären.
121 Daniel: Hmhm
122 [...]
123 Daniel: Und dadurch, dass es abkühlt wird er dann wieder - kommt der - geht der
124 Wasserdampf auch wieder raus.
125 I: Und bei den anderen?
126 Daniel: also eigentlich kommt dann, eigentlich kommt dann -- das Wasser
127 kommt dann eigentlich raus.
128 I: Ok - Wie --- Wenn ihr das jetzt mit einem Satz alles zusammenfassen
129 müsstet - wenn man - wenn man etwas erhitzt. Wie würdet ihr das dann
130 formulieren?

- 131 Daniel: dann dehnt sich das aus. Es dehnt sich aus
- 132 Max: Mm da-- durch Hitze - wird -- die Menge größer
- 133 I: Ok
- 134 Max: Also angeschwollen. Zum Beispiel auch die Hand, wenn man jetzt zum
135 Beispiel Fieber oder --- also bei mir ist es so, wenn ich von einer Mücke
136 gestochen werde, dann - schwillt das richtig auf, weil auch ein bisschen
137 allergisch gegen Mücken bin - mein Ohr, einmal wurde ich da gestochen
138 und es wurde so riesig --- ja. Und es war auch mega heiß, deswegen ist es
139 halt auch denke ich halt mal die Erklärung, durch Hitze wird die Menge
140 größer - oder, halt - ja. Die Form.
- 141 I: Ok. Und wenn es dann nicht mehr heiß ist, oder gekühlt wird?
- 142 Daniel: Dann wird es wie-
- 143 Max: Dann wird es wieder kleiner.
- 144 Daniel: Hmhm
- 145 Max: Weil sich- sich da wieder alles zusammentut.
- 146 Daniel: Genau das drückt sich dann alles wieder zusammen.
- 147 I: Hmhm
- 148 Daniel: Und beim Wasserdampf ist es dann zum Beispiel so, wenn, dass es dann-
149 zum Beispiel ist es ja eigentlich der- es verdunstet ja auch zum Beispiel
150 vom Meer Wasser, steigt in die Wolken und es kommt dann, - als Wasser
151 wieder runter als Regen.
- 152 I: Hmhm. Das stimmt, ja.

F2: Max & Daniel redigierte Aussagen

Daniel (16-36)

Das Experiment habe ich auch schon mal gemacht. Durch die heiße Luft bläst sich der Luftballon dann auf. Hitze steigt ja nach oben und da wir das Wasser erhitzen ist da ja Wasserdampf und der Wasserdampf steigt nach oben. Dadurch bläst sich der

Luftballon ein kleines bisschen auf. Es ist zwar nicht so stark aber ein bisschen bläst er sich schon auf.

Daniel (37-38) In dem Luftballon ist dann Wasserdampf.

Max (37-39) In dem Luftballon ist dann Dampf.

Daniel (42-47) Eigentlich hat das mit den anderen Versuchen zu tun, weil es geht eigentlich bei den ganzen Stationen irgendwie um Hitze (Energie, Wärme). Mit der Wärme heizen wir, experimentieren wir.

Daniel (59-73) Das Wasser ist ein bisschen verdunstet, also ganz wenig, und der Wasserdampf in dem Röhrchen ist dann hochgestiegen.

Daniel (75-84) Bei der Kugel ist ein kleines bisschen verbrannt. Ich habe auf meinen Zettel geschrieben „durch die Hitze wird das Eisen heiß.“ Das wird halt heiß und dann wird ein kleines bisschen davon, aber nur ganz wenig, flüssig, und das kommt dann an der Seite wieder direkt neu drauf.

Max (91-110) Ich finde einfach, dass die Hitze andere Dinge generell anschwellen (größer werden) lässt. Das ist wahrscheinlich auch die Erklärung für das Wasser. Das wurde ja mehr und ist dann hochgestiegen. Also das Wasser ist halt mehr geworden.

Daniel (105-108) Von der Hitze ist das Wasser in der Flasche hochgestiegen. Es ist ein bisschen größer geworden.

Daniel (123-127) Dadurch, dass es abkühlt, geht der Wasserdampf auch wieder {aus dem Luftballon} raus. Das Wasser kommt dann eigentlich raus.

Daniel (128-131) Wenn man etwas erhitzt, dann dehnt sich das aus.

Max (132-140) Durch Hitze wird die Menge größer (angeschwollen), zum Beispiel auch die Hand, wenn man jetzt zum Beispiel Fieber hat. Bei mir ist es so, wenn ich von einer Mücke gestochen werde, dann schwillt das richtig auf, weil ich auch ein bisschen allergisch gegen Mücken bin. Einmal wurde ich am Ohr gestochen und es wurde so riesig und es war auch mega heiß, deswegen ist es auch die Erklärung: durch Hitze wird die Menge (Form) größer.

Max (141-145) Wenn es nicht mehr heiß ist oder gekühlt wird, dann wird es wieder kleiner, weil sich da wieder alles zusammen tut.

Daniel (141-151) Wenn es nicht mehr heiß ist oder gekühlt wird, dann drückt sich alles wieder zusammen. Beim Wasserdampf ist es dann so, dass ja auch zum Beispiel vom Meer Wasser verdunstet und in die Wolken steigt, und dann als Wasser (Regen) wieder runterkommt.

F3: Max geordnete Aussagen

Beobachtung: Ausdehnung bei Erwärmung

(91-110, 132-140) Ich finde einfach, dass die Hitze andere Dinge generell anschwellen (größer werden) lässt. Das ist wahrscheinlich auch die Erklärung für das Wasser. Das wurde ja mehr und ist dann hochgestiegen. Durch Hitze wird die Menge größer (angeschwollen), zum Beispiel auch die Hand, wenn man jetzt zum Beispiel Fieber

hat. Bei mir ist es so, wenn ich von einer Mücke gestochen werde, dann schwillt das richtig auf, weil ich auch ein bisschen allergisch gegen Mücken bin. Einmal wurde ich am Ohr gestochen und es wurde so riesig und es war auch mega heiß, deswegen ist es auch die Erklärung: durch Hitze wird die Menge (Form) größer.

Verbindung zwischen den 3 Versuchen/Aggregatzuständen

(132-140, 141-145) Durch Hitze wird die Menge größer (angeschwollen), zum Beispiel auch die Hand, wenn man jetzt zum Beispiel Fieber hat. Bei mir ist es so, wenn ich von einer Mücke gestochen werde, dann schwillt das richtig auf, weil ich auch ein bisschen allergisch gegen Mücken bin. Einmal wurde ich am Ohr gestochen und es wurde so riesig und es war auch mega heiß, deswegen ist es auch die Erklärung: durch Hitze wird die Menge (Form) größer. Wenn es nicht mehr heiß ist oder gekühlt wird, dann wird es wieder kleiner, weil sich da wieder alles zusammen tut.

F4: Daniel geordnete Aussagen

Beobachtung: Ausdehnung bei Erwärmung

(105-108, 128-131) Wenn man etwas erhitzt, dann dehnt sich das aus. Wenn es nicht mehr heiß ist oder gekühlt wird, dann drückt sich alles wieder zusammen. Von der Hitze ist das Wasser in der Flasche hochgestiegen. Es ist ein bisschen größer geworden.

Scheinerklärung: Scheinerklärung: Erwärmung bewirkt, dass sich Metall durch zusätzliche äußere Schichten vergrößert.

(75-84) Bei der Kugel ist ein kleines bisschen verbrannt. Ich habe auf meinen Zettel geschrieben „durch die Hitze wird das Eisen heiß.“ Das wird halt heiß und dann wird ein kleines bisschen davon, aber nur ganz wenig, flüssig, und das kommt dann an der Seite wieder direkt neu drauf.

Scheinerklärung: Wärme bringt Dinge generell zum hochsteigen.

(16-36, 105-108, 141-151) Durch die heiße Luft bläst sich der Luftballon dann auf. Hitze steigt ja nach oben und da wir das Wasser erhitzen ist da ja Wasserdampf und der Wasserdampf steigt nach oben. Von der Hitze ist das Wasser {bei Versuch 2} in der Flasche hochgestiegen. Es ist ein bisschen größer geworden. Beim Wasserdampf ist es dann so, dass ja auch zum Beispiel vom Meer Wasser verdunstet und in die Wolken steigt, und dann als Wasser (Regen) wieder runterkommt.

Scheinerklärung: Verdunstung/Verdampfung, die nach oben steigt.

(16-36, 37-38, 59-73, 123-127, 141-145) Durch die heiße Luft bläst sich der Luftballon dann auf. Hitze steigt ja nach oben und da wir das Wasser erhitzen ist da ja Wasserdampf und der Wasserdampf steigt nach oben. Dadurch bläst sich der Luftballon ein kleines bisschen auf. Es ist zwar nicht so stark, aber ein bisschen bläst er sich schon auf. In dem Luftballon ist dann Wasserdampf. Das Wasser ist ein bisschen verdunstet, also ganz wenig, und der Wasserdampf in dem Röhrchen ist dann hochgestiegen. Dadurch, dass es abkühlt, geht der Wasserdampf auch wieder {aus dem Luftballon} raus. Das Wasser kommt dann eigentlich raus. Wenn es nicht mehr heiß ist oder gekühlt wird, dann drückt sich alles wieder zusammen. Beim Wasserdampf ist

es dann so, dass ja auch zum Beispiel vom Meer Wasser verdunstet und in die Wolken steigt, und dann als Wasser (Regen) wieder runterkommt.

Teilchenvorstellungen

(116) Ich habe schon mal gehört von Molekülen.

Verbindung zwischen den 3 Versuchen/Aggregatzuständen

(42-47) Eigentlich hat das mit den anderen Versuchen zu tun, weil es geht eigentlich bei den ganzen Stationen irgendwie um Hitze (Energie, Wärme). Mit der Wärme heizen wir, experimentieren wir.

G1: Julia Transkript

- 1 I: Was glaubst du was- was wird denn dann passieren?
- 2 S: - also der Luftballon wird sich aufblasen?
- 3 I: Hmhm - Warum glaubst du ist das so?
- 4 S: Mm -- weil -- halt das heiße Wasser -- das erhitzt und dann -- wird --
- 5 steigt da halt heiße Luft rein und dann bläst er sich auf
- 6 I: Ok --- warten noch ein bisschen bis das Wasser noch heißer ist und dann
- 7 können wir gucken ob das wirklich so passiert --- vielleicht reicht das
- 8 schon (13 sec) [bringt den Wasserkocher zum Versuchsaufbau] so
- 9 Achtung guck mal gut auf den Luftballon [schüttet das heiße Wasser über
- 10 die Glasflasche] (7 sec) Cool oder?
- 11 S: Hmhm (6 sec)
- 12 I: Ja du hattest recht. Es hat sich aufgebläht. Kannst du noch mal sagen,
- 13 was jetzt da drin ist? Im Luftballon?
- 14 S: Also da ist jetzt - heiße - Luft drinnen - weil halt heiße Luft hochsteigt
- 15 und -- deshalb ist sie halt von da unten ha- ist das ja aufgewärmt worden
- 16 und dann ist das von da halt hochgestiegen in den Ballon
- 17 I: Und ist gleich viel Luft drin wie am Anfang? - oder --- oder hat sich da
- 18 was verändert?
- 19 S: wo?
- 20 I: Hier drin

21 S: Achso - nein, da ist- es hat sich was verändert

22 I: Ja? - und was glaubst du hat sich verändert?

23 S: Also -- dass - halt mehr Luft reingekommen ist, weil - es ja heiß
24 geworden ist.

25 I: Aber von wo ist die Luft dann reingekommen? - Ist ja eigentlich alles zu,
26 oder?

27 S: --- weil es heiß geworden ist und dann - entsteht halt - Luft.

28 I: Aha

29 S: Irgendwie

30 I: Ok -- siehst du eine Verbindung zu den anderen Versuchen? --

31 S: Mm, ja

32 I: Hmhm was- was ist das - was war denn gleich? Oder ähnlich?

33 S: -- bei dem - Wasser ist es halt auch durch Hitze hochgestiegen, weil ja es
34 halt - hochsteigt

35 I: Ok - und bei der Metallkugel?

36 S: Ähm (5 sec) bei der Metallkugel (7 sec)

37 I: Was ist denn da passiert? Zuerst hat die gut durchgepasst - und dann
38 haben wir sie erhitzt, richtig?

39 S: Ja

40 I: Und dann?

41 S: Dann ist- hat sie sich halt irgendwie ausgebreitet, dass sie halt nicht mehr
42 da reingepasst ist.

43 I: Hmhm

44 S: hat

45 I: Was glaubst du warum hat die sich ausgebreitet? --

46 S: Weil sich da halt irgendwie eine Schicht drum gebildet hat?

47 I: Hmhm

48 S: und --

49 I: Und woher kam die Schicht?

50 S: Aus der Hitze.

51 I: Ok (5 sec) Also dann würdest du sagen das sind unterschiedliche Sachen.

52 S: Ja

53 I: Da bildet sich eine Schicht, und beim Wasser und hier steigt es nach
54 oben. -- Ok -- aber die Kugel ist ja größer geworden, oder?

55 S: Hmhm

56 I: Hast du das (4 sec) glaubst du, dass das öfters passiert, wenn wir was
57 erwärmen? Dass es größer wird? --

58 S: -- ja --- aber bei Metall halt.

59 I: Bei Metall vor allem.

60 S: Ja.

61 I: Wie stellst du dir denn vor, dass es in dem Metall aussieht? Wenn das
62 erhitzt wird?

63 S: (5 sec) das ist halt - vielleicht flüssig da drinnen? – oder -- nein. -- Also
64 (9 sec)

65 I: Ok. Und in dem Wasser? Wie könnte- kann man sich da vorstellen, dass
66 es innendrin aussieht?

67 S: Also es ist innendrin heiß und es - ist halt --- das Wasser das hat man
68 ja dann auch gesehen das ist dann halt so in dem Glas so hoch ge--
69 stiegen

70 I: Hmhm - und glaubst du es war- ist es dann wie bei der Luft auch mehr
71 geworden? -- oder ist es nur nach oben gestiegen?

72 S: Nein es ist nach oben gestiegen.

73 I: Ja?

74 S: Ja.

75 I: Aber unten war ja immer noch genauso viel Wasser drin oder? ---

76 S: --- ja --- also ist da noch Luft dazugekommen halt.

77 I: Luft dazugekommen.

78 S: Ja.

79 I: Und woher kam die?

80 S: Aus der Hitze unten

81 I: Ok -- ok, gut. Hast du denn schon mal was - von - kleinen Teilchen

82 gehört? - woraus die Luft zum Beispiel besteht oder Wasser oder Metall.

83 Aus kleinen Atomen. Sagt dir das was?

84 S: Ja

85 I: Ok. Wü- würdest du- findest du das klingt plausibel wenn man sagt -

86 dass jetzt das Metall aus kleinen Atomen besteht - und wenn man die

87 heiß macht, dann bewegen die sich ganz schnell - und dann wird das

88 größer?

89 S: Was heißt plausibel?

90 I: - ob das für dich logisch klingt ob du sagst ja das macht Sinn

91 S: Achso Ja

92 I: Ja?

93 S: Hmhm

94 I: Findest du eine gute Erklärung? - ok. (7 sec) Alles klar. Das war es auch

95 schon. Vielen Dank.

G2: Julia redigierte Aussagen

(1-5) Der Luftballon wird sich aufblasen, weil das heiße Wasser das erhitzt und dann steigt da heiße Luft rein und dann bläst er sich auf.

(14-29) Da {im Luftballon} ist jetzt heiße Luft drinnen, weil heiße Luft hochsteigt und deshalb ist sie von da unten aufgewärmt worden und dann ist das von da hochgestiegen in den Ballon. Da hat sich was verändert. Es ist mehr Luft reingekommen, weil es ja heiß geworden ist. Es ist heiß geworden und dann entsteht irgendwie Luft.

(33-34) Bei dem Wasser ist es auch durch Hitze hochgestiegen, weil es halt hochsteigt.

(36-50) {Zuerst hat die Metallkugel gut durchgepasst und dann haben wir sie erhitzt} und dann hat sie sich irgendwie ausgebreitet, dass sie nicht mehr da reingepasst hat, weil sich da halt irgendwie eine Schicht drum gebildet hat. Die Schicht kam aus der Hitze.

(54-58) {Die Kugel ist größer geworden. Das passiert öfters, wenn wir etwas erwärmen}, aber bei Metall halt.

(65-80) In dem Wasser ist es innendrinne heiß und das Wasser, das hat man ja dann auch gesehen, ist in dem Glas so hochgestiegen (nach oben gestiegen). Da ist noch Luft aus der Hitze unten dazugekommen.

G3: Julia geordnete Aussagen

Beobachtung: Ausdehnung bei Erwärmung

(14-29, 36-50, 54-58) {Zuerst hat die Metallkugel gut durchgepasst und dann haben wir sie erhitzt} und dann hat sie sich irgendwie ausgebreitet, dass sie nicht mehr da reingepasst hat, weil sich da irgendwie eine Schicht drum gebildet hat. Die Schicht kam aus der Hitze. {Die Kugel ist größer geworden. Das passiert öfters, wenn wir etwas erwärmen}, aber bei Metall halt. Da {bei Versuch 3} hat sich was verändert. Es ist mehr Luft reingekommen, weil es ja heiß geworden ist. Es ist heiß geworden und dann entsteht irgendwie Luft.

Scheinerklärung: Erwärmung bewirkt, dass sich Metall durch zusätzliche äußere Schichten vergrößert.

(36-50) {Zuerst hat die Metallkugel gut durchgepasst und dann haben wir sie erhitzt} und dann hat sie sich irgendwie ausgebreitet, dass sie nicht mehr da reingepasst hat, weil sich da halt irgendwie eine Schicht drum gebildet hat. Die Schicht kam aus der Hitze.

Scheinerklärung: Wärme bringt Dinge generell zum hochsteigen.

(33-34, 65-80) Bei dem Wasser ist es auch durch Hitze hochgestiegen, weil es halt hochsteigt. In dem Wasser ist es innendrinne heiß und das Wasser, das hat man ja dann auch gesehen, ist in dem Glas so hochgestiegen (nach oben gestiegen). Da ist noch Luft aus der Hitze unten dazugekommen.

Scheinerklärung: Wärme ist ein Stoff, der Platz verbraucht.

(65-80) In dem Wasser ist es innendrinne heiß und das Wasser, das hat man ja dann auch gesehen, ist in dem Glas so hochgestiegen (nach oben gestiegen). Da ist noch Luft aus der Hitze unten dazugekommen.

Scheinerklärung: Verdunstung/Verdampfung, die nach oben steigt.

(1-5, 14-29) Der Luftballon wird sich aufblasen, weil das heiße Wasser das erhitzt und dann steigt da heiße Luft rein und dann bläst er sich auf. Da {im Luftballon} ist jetzt heiße Luft drinnen, weil heiße Luft hochsteigt und deshalb ist sie von da unten aufgewärmt worden und dann ist das von da hochgestiegen in den Ballon. Da hat sich was verändert. Es ist mehr Luft reingekommen, weil es ja heiß geworden ist. Es ist heiß geworden und dann entsteht irgendwie Luft.

H1: Diego Transkript

- 1 I: Hi
- 2 S: Hi
- 3 I: Wie heißt du noch mal?
- 4 S: Diego
- 5 I: Diego
- 6 S: Ich bin nicht gut.
- 7 I: Wie du bist nicht gut?
- 8 S: Ich habe alles falsch gemacht.
- 9 I: Nein hier gibt es kein falsch und kein richtig. Es interessiert mich nur,
10 was für Ideen du hast. Wie du das dir vorstellst, weißt du? -- Also keine
11 Sorge. Was hast du denn geschrieben bei der 3?
- 12 S: - wenn
- 13 I: kannst du es mir noch mal erklären?
- 14 S: Wenn man Metall erhitzt breitet - sie sich aus, weil wenn sie heiß wird
15 [vorgelesen] - ich hatte da halt keine Idee deswegen
- 16 I: Ok
- 17 S: Bei beiden, weil - ich habe halt -- erstmal das geschrieben
- 18 I: Vielleicht fällt dir noch was ein dazu. Ich mache jetzt noch mal das
19 Wasser heiß, ok?
- 20 S: Hmhm

21 (10 sec)

22 I: Ich habe dann hier (4 sec) hier ist so dieses leere Glas.

23 S: Hmhm

24 I: Und der Luftballon.

25 S: Hmhm

26 I: Und das lege ich hier so rein - und dann werde ich hier so Wasser
 27 draufschütten. Da kann kein Wasser rein, aber ich schütte es drauf. - Was
 28 glaubst du was passiert denn dann?

29 S: Also ich denke, dass - dann wegen der heißen Luft, dass - die Luft, also
 30 wegen dem heißen Wasser die Luft drinnen heiß wird

31 I: Ja

32 S: Und die Wärme breitet sich immer aus, deswegen braucht sie Platz, und
 33 im Luftballon ist noch bisschen Platz, deswegen wird sich die- wird sich
 34 der Luftballon von alleine aufblasen.

35 I: Hmhm - ok. Dann schauen wir mal, ob das so passiert, ja?

36 S: Ich denke schon

37 [I schüttet das heiße Wasser über die Glasflasche] (13 sec)

38 I: Tja, du hattest recht - geht richtig gut, oder?

39 S: Hmhm. Sowas habe ich auch mal mit meiner Mutter gemacht.

40 I: Echt?

41 S: Ja man [schmunzelnd] kann den lustig so Luftballons aufzublasen aber
 42 der- die sind halt nicht so ganz aufgeblasen

43 I: Ok ja

44 S: Das war doof ---

45 I: Also kannst du noch mal genau erklären, was da passiert ist?

46 S: Also -- das heiße Wasser hat die Luft- also hat erst mal das - ist das
 47 Plastik?

48 I: Nein, das ist Glas

49 S: Das Glas erhitzt, und weil das Glas halt erhitzt wurde, wurde die Luft da
50 drinnen auch erhitzt - und deswegen fließt halt die heiße Luft -- die
51 warme Luft tut sich halt ausdehnen und dann dehnt sie sich - und weil sie
52 halt da keinen Platz hat, weil da die Luft halt - ein besondere - also - kann
53 nur -- so - mit - so zehn Milliliter oder so halt rein - und deswegen breitet
54 sich die Luft in Luftballon auf weil da der einzige Ort ist wo Platz ist,
55 und wenn man das ganz lange ganz heiß macht, dann würde der
56 Luftballon auch irgendwann abfliegen, weil der keine Lu- kein -- halt
57 nicht so richtig befestigt ist wie - ja.

58 I: Ok. Siehst du eine Verbindung von dem zu - den anderen Versuchen?

59 S: Ja alles hat sich ausgedehnt

60 I: und zwar?

61 S: Alles hat sich ausgedehnt, zum Beispiel bei dem einen Versuch mit der
62 Kugel, da hat sich die Kugel ausgedehnt und - weil es halt heiß wurde -
63 und bei dem Versuch mit dem Wasser hat sich das Wasser auch ausge-
64 ausgedehnt - und - alles - und alle Experimente haben noch gemeinsam,
65 dass sie wenn sie kal- kälter werden auch wieder kleiner also -- wenn sie
66 abkühlen dann werden die kleiner oder weniger Luft, jetzt zum Beispiel
67 beim Luftballon man sieht jetzt langsam, dass er - so kaputt geht, also -
68 sich rausbläst

69 I: Hmhm

70 S: Bei der Metallkugel - die hat sich ja am Anfang auch ausgebreitet und
71 dann hat sie nicht mehr durch das Loch gepasst und jetzt passte sie
72 wieder durch das Loch - und bei der Flüssigkeit - wird die noch -
73 abkühlen und dann noch kleiner werden.

74 I: Ok

75 S: Vermute ich mal.

76 I: Hmhm, ja das hast du gut beobachtet alles. - warum glaubst du denn ist
77 das denn so? - Wenn wir jetzt uns zum Beispiel die Luft vorstellen, wie
78 sie-
79 [...]
80 I: -- was wollte ich gerade sagen?
81 S: - du hast gefragt wieso zum Beispiel die Luft sich einzieht
82 I: Ja ge- ja oder auch ausdehnt. Also du meinst ja sie breitet sich aus
83 S: weil es- weil wenn - also ich weiß es nur mit dem Wasser und der Luft,
84 weil - also - ja - und wenn das halt heiß wird, dann dehnt es sich aus -
85 weil die warme Luft halt mehr Platz braucht - und -- ja und das warme
86 Wasser braucht auch bisschen mehr Platz
87 I: Ok. Hast du denn eine Vorstellung wie es da drinnen aussieht? In der
88 Luft?
89 S: Da wird es jetzt bisschen- also wird es schon warm sein
90 I: Ja
91 S: Wenn nicht, dann heiß, es kommt halt auch immer drauf an wie heiß man
92 es macht -
93 I: Hmhm - und bei der Kugel?
94 S: Bei der Kugel wird es innen - r- ich würde sagen richtig heiß werden,
95 weil man da mit richtigem Feuer gearbeitet hat und - mein Vater hat sich
96 auch mal - die Hand auf so einem - er hat halt auch mit so einem -- halt
97 mit so einem Schweißbrenner gearbeitet.
98 I: Ja
99 S: Und dann hat er sich richtig verletzt (Metall angefasst hat) hat er sich hier
100 alles verbrannt
101 I: Oa, ja
102 S: Überall Blasen und so

103 I: Hmhm - und warum glaubst du - habe ich jetzt da einen Bunsenbrenner
104 benutzt und hier einfach nur heißes Wasser?

105 S: Weil die Metallkugel wird nicht so schnell heiß wie zum Beispiel Luft
106 oder so

107 I: Hmhm - ok. Hast du schon mal was von - Atomen gehört?

108 S: Atomen? [zögernd]

109 I: Oder Molekülen?

110 S: -- Moleküle habe ich mal in einer CD gehört und Atome hatten wir mal
111 kurz in der Schule

112 I: Hmhm

113 S: Ganz kurz. Aber das war auch kein Thema, sondern - nur weil wir so von
114 Atomkraftwerken gehört haben-

115 I: -ah ok. Wenn ich dir jetzt sagen würde, dass hier die Luft da drinnen und
116 überhaupt alle Luft - aus ganz vielen ganz, ganz kleinen Teilchen besteht

117 S: Moleküle sind auch so die s- schwimmen in unserem Blut, oder?

118 I: Ah. Ja? [zögernd] Also ich weiß nicht genau was du meinst, aber

119 S: Es gibt oder das war auch was anderes, da gibt es - solche Moleküle die -
120 auch so ein bisschen - egal.

121 I: Meinst du so Blutkörperchen vielleicht?

122 S: Ja solche kleinen - Dinger

123 I: Hmhm ja so ähnlich. Aber - diese Teilchen die ich meine die sind sogar
124 noch kleiner. - Also so stellt man sich das vor. - Wenn ich dir jetzt sagen
125 würde, dass man sich das so vorstellen kann, dass da ganz viele kleine
126 Teilchen sind und das

127 S: Molekülen?

128 I: Hmhm, wenn das dann erwärmt wird was glaubst du, was könnte dann
129 mit denen passieren?

- 130 S: Dann können sie zu Atome werden? Oder?
- 131 I: Ja also man - ka- wenn man sich das so vorstellt
- 132 S: Ahh!
- 133 I: Ja? Hast du eine Idee?
- 134 S: Die Mal- Molek- Moleküle breiten sich - werden - größer?
- 135 I: Hmhm
- 136 S: Also
- 137 I: Also so könntest du dir das vorstellen?
- 138 S: Hmhm
- 139 I: Ok (5 sec) hast du sonst noch irgendeine Idee wie man das alles erklären
140 könnte?
- 141 S: Ähm die Moleküle [langgezogen]
- 142 I: Also was klingt denn für dich logisch?
- 143 S: Also wenn die Male- Moleküle - wärmer werden, und sich halt
144 vergrößern
- 145 I: Hmhm
- 146 S: Ja
- 147 I: Ok -- Gut - ja, wir haben es auch schon.
- 148 S: Ok.

H2: Diego redigierte Aussagen

(29-34) Ich denke, dass dann wegen der heißen Luft, also wegen dem heißen Wasser die Luft drinnen heiß wird. Und die Wärme breitet sich immer aus, deswegen braucht sie Platz. Und im Luftballon ist noch ein bisschen Platz, deswegen wird sich der Luftballon von alleine aufblasen.

(46-57) Das heiße Wasser hat erstmal das Glas erhitzt und weil das Glas erhitzt wurde, wurde die Luft da drinnen auch erhitzt. Deswegen fließt halt die heiße Luft. Die warme Luft tut sich ausdehnen und weil sie da keinen Platz hat, weil da die Luft nur so mit

10 Milliliter oder so rein kann, breitet sich die Luft im Luftballon aus, weil dort der einzige Ort ist wo Platz ist. Wenn man das ganz lange ganz heiß macht, dann würde der Luftballon auch irgendwann abfliegen, weil der halt nicht so richtig befestigt ist.

(59-75) Alles hat sich ausgedehnt. zum Beispiel bei dem einen Versuch mit der Kugel, da hat sich die Kugel ausgedehnt, weil es halt heiß wurde. Bei dem Versuch mit dem Wasser hat sich das Wasser auch ausgedehnt. Und alle Experimente haben noch gemeinsam, dass sie, wenn sie kälter werden auch wieder kleiner werden. Also wenn sie abkühlen dann werden die kleiner oder weniger Luft. Zum Beispiel beim Luftballon sieht man jetzt langsam, dass er so kaputtgeht, also sich rausbläst. Die (Metallkugel) hat sich ja am Anfang auch ausgebreitet und dann hat sie nicht mehr durch das Loch gepasst und jetzt passte sie wieder durch das Loch. Und die Flüssigkeit wird noch abkühlen und dann noch kleiner werden, vermute ich mal.

(80-92) Ich weiß es nur mit dem Wasser und der Luft: wenn das halt heiß wird, dann dehnt es sich aus, weil die warme Luft halt mehr Platz braucht und das warme Wasser braucht auch ein bisschen mehr Platz. Da drinnen wird es jetzt schon (ein bisschen) warm sein. Wenn nicht, dann heiß. Es kommt halt auch immer darauf an, wie heiß man es macht.

(94-100) Bei der Kugel wird es innen, ich würde sagen richtig heiß werden, weil man da mit richtigem Feuer gearbeitet hat. Mein Vater hat auch mal mit so einem Schweißbrenner gearbeitet und dann hat er sich richtig verletzt. Er hat sich hier alles verbrannt.

(105-106) Die Metallkugel wird nicht so schnell heiß wie zum Beispiel Luft oder so.

(110-114) Moleküle habe ich mal in einer CD gehört und Atome hatten wir mal ganz kurz in der Schule, aber das war auch kein Thema, sondern nur, weil wir von Atomkraftwerken gehört haben.

(128-146) Wenn das erwärmt wird, dann können die (Moleküle, Teilchen) zu Atomen werden. Ah! Die Moleküle werden größer (breiten sich aus). So könnte ich mir das vorstellen. Es klingt für mich logisch, wenn die Moleküle wärmer werden, und sich vergrößern.

H3: Diego geordnete Aussagen

Beobachtung: Ausdehnung bei Erwärmung

(59-75, 80-86) Alles hat sich ausgedehnt. Zum Beispiel bei dem einen Versuch mit der Kugel, da hat sich die Kugel ausgedehnt, weil es halt heiß wurde. Bei dem Versuch mit dem Wasser hat sich das Wasser auch ausgedehnt. Und alle Experimente haben noch gemeinsam, dass sie, wenn sie kälter werden auch wieder kleiner werden. Also wenn sie abkühlen dann werden die kleiner oder weniger Luft. Die (Metallkugel) hat sich ja am Anfang auch ausgebreitet und dann hat sie nicht mehr durch das Loch gepasst und jetzt passte sie wieder durch das Loch. Und die Flüssigkeit wird noch abkühlen und dann noch kleiner werden, vermute ich mal. Ich weiß es nur mit dem Wasser und der Luft: wenn das halt heiß wird, dann dehnt es sich aus, weil die warme Luft halt mehr Platz braucht und das warme Wasser braucht auch ein bisschen mehr Platz.

Teilchenvorstellungen

(128-146) Wenn das erwärmt wird, dann können die (Moleküle, Teilchen) zu Atomen werden. Ah! Die Moleküle werden größer (breiten sich aus). So könnte ich mir das vorstellen. Es klingt für mich logisch, wenn die Moleküle wärmer werden, und sich vergrößern.

Verbindung zwischen den 3 Versuchen/Aggregatzuständen

(59-75) Alles hat sich ausgedehnt. zum Beispiel bei dem einen Versuch mit der Kugel, da hat sich die Kugel ausgedehnt, weil es halt heiß wurde. Bei dem Versuch mit dem Wasser hat sich das Wasser auch ausgedehnt. Und alle Experimente haben noch gemeinsam, dass sie, wenn sie kälter werden auch wieder kleiner werden. Also wenn sie abkühlen dann werden die kleiner oder weniger Luft. Zum Beispiel beim Luftballon sieht man jetzt langsam, dass er so kaputtgeht, also sich rausbläst. Die (Metallkugel) hat sich ja am Anfang auch ausgebreitet und dann hat sie nicht mehr durch das Loch gepasst und jetzt passte sie wieder durch das Loch. Und die Flüssigkeit wird noch abkühlen und dann noch kleiner werden, vermute ich mal.

II: Tom: Transkript

- 1 I: Weißt du noch was wir letztes Mal gemacht haben?
- 2 S: Hmhm
- 3 I: Welche Versuche habe ich dir denn da gezeigt?
- 4 S: Also wir haben mit dieser, mit dieser Eisenkugel
- 5 I: Hmhm
- 6 S: Die wir erwärmt haben und dann hat sie nicht mehr durch das Loch
- 7 gepasst.
- 8 I: Hmhm
- 9 S: Dann hatten wir das mit diesem roten Wasser – da haben wir so einen
- 10 Stab reingetan und dann – ist es – haben wir das ins heiße Wasser gestellt
- 11 und dann – ist das Wasser da drin – ja, weiter gestiegen.
- 12 I: Hmhm welches Wasser ist gestiegen?
- 13 S: Das Wasser was in dieser – in diesem – in dieser – in diesem Glas war.
- 14 I: Hmhm. Dieses rote Wasser

15 S: Hmhm.

16 I: Hmhm gut. Wie fandest du die Versuche so?

17 S: Also ich fand sie – sehr interessant

18 I: Hmhm weißt du in der Physik – da machen wir es ja eigentlich immer so,
 19 dass wir die Versuche uns angucken, so wie du das gerade gemacht hast
 20 und erzählen was passiert ist – aber, wir versuchen auch – uns Gedanken
 21 zu machen, zu erklären, warum das so passiert ist. Hast du denn spontan
 22 eine Idee warum das bei der Kugel so passiert ist?

23 S: Also ich würde jetzt mal ganz- die Kugel- also im Physikbuch bei uns
 24 steht- ist es auch noch mal – da gab es auch noch mal ein Bild dazu – und
 25 da haben- stand dass das – dass wenn man so schwere oder – also ich
 26 weiß jetzt nicht was das für – Gegenstände waren, wenn man die erhitzt,
 27 dann dehnen die sich aus und werden größer.

28 I: Ah ok. Und du glaubst es war auch bei der Kugel so.

29 S: Hmhm.

30 I: Ok. Und beim Wasser?

31 S: Da – da ist das Wasser – das heiße – ach ich weiß es nicht. –

32 I: Was ist da nochmal passiert? Wir haben das Wasser, das bunte Wasser,
 33 reingestellt in heißes Wasser, oder?

34 S: Hmhm.

35 I: Was glaubst du was passiert dann in dem bunten Wasser drinnen?

36 S: Dass es sich vielleicht wie bei der Kugel – ausdehnt und – mehr wird.

37 I: Hmhm. Ok. Ich habe noch einen Versuch mitgebracht, den würde ich dir
 38 jetzt gerne zeigen.

39 [...]

40 I: Also du siehst das ist eine ganz normale leere Glasflasche, ja? – und hier
 41 werde ich diesen Luftballon drüber stülpen.

42 [...]

43 I: So. --- Siehst du? Jetzt ist er komplett drüber.

44 S: Hmhm.

45 I: Ok. --- dann werde ich das jetzt hier so reinlegen – ja, das Wasser ist jetzt
46 heiß – und ich werde jetzt hier so über die Flasche Wasser drüber
47 schütten. Heißes Wasser. Hast du schon eine Idee was dann passieren
48 könnte?

49 S: Hmhm. Der Luftballon- in den Luftballon kommt Luft und dann – wird
50 er größer?

51 I: Ok. Schauen wir mal. -- Achtung (16 sec) Genau wie du es gesagt hast,
52 nicht?

53 S: Hmhm. Ich habe vielleicht eine Ahnung warum das so sein könnte.

54 I: Ja? Sag mal.

55 S: Also die Flasche wird ja erwärmt und dann kann es sein, dass die Luft
56 raus will aber nicht raus kann und dann in diesen Luftballon rein?

57 I: Hmhm. Und warum glaubst du will die Luft raus?

58 S: Weil es in diesem Teil sehr heiß wird.

59 I: Hmhm. Sie will weg vom heißen praktisch.

60 S: Hmhm.

61 I: Glaubst du die Luft hat sich irgendwie verändert? ---

62 S: Die Luft ist vielleicht warm durch das warme Wasser.

63 I: Hmhm es ist warm geworden – und wie stellst du dir vor was macht die
64 Luft, wenn sie warm wird?

65 S: Sie dehnt sich aus.

66 I: Hmhm – siehst du eine Verbindung zu den anderen zwei Versuchen?

67 S: --- also es hat alles mit - mit warm- warmen – mit heißen Sachen zu tun

68 I: Hmhm

69 S: Und -- ja. ---

70 I: Mit heißen Sachen. Und haben die Versuche sonst noch irgendetwas
71 Ähnliches? Ist bei allen irgendetwas ähnliches passiert, oder -- fandest du
72 nicht?

73 S: Ich finde die Sachen werden erhitzt -- durch Wärme -- und (11 sec)

74 I: Ja. -- Ja das stimmt. (5 sec) hast du schon einmal was von kleinen
75 Teilchen gehört? Vielleicht von Atomen? Oder Molekülen?

76 S: Ja, Atom habe ich schon mal irgendwo gehört.

77 I: Ja?

78 S: Hmhm.

79 I: Was stellst du dir da drunter vor?

80 S: Also ich stelle mir da vielleicht so - welche - gasförmigen (4 sec)
81 Kugeln- Kügelchen, die in der Luft rumschwirren, irgendwie.

82 I: Hmhm, also dass die jetzt auch zum Beispiel hier drinnen sind?

83 S: Hmhm

84 I: In der Luft. - Und wenn wir das erhitzen, wie wir es gerade gemacht
85 haben? Was glaubst du was passiert dann mit denen?

86 S: Die werden größer.

87 I: Ok. - Und deswegen wird die Luft hier größer?

88 S: Hmhm

89 I: Und der Luftballon bläht sich auf. -- und bei den anderen? Glaubst du da
90 sind auch so Atome?

91 S: -- also es ist ja alles größer geworden, da glaube ich das eher schon.

92 I: Hmhm. - Das ist ja wieder eine Verbindung, oder?

93 S: Hmhm.

94 I: Bei allen dreien ist etwas größer geworden. - Ja --- Ok. Hast du
95 irgendeine Frage an mich, oder so?

96 S: (7 sec) Könnte es sein, wenn man das Wasser noch heißer wird, dass der
 97 Ballon so groß wird, dass es platzt?
 98 I: [lacht] gute Frage. -- soll ich noch mal heißes Wasser drüber schütten?
 99 S: Hmhm.
 100 I: Ok ich mache es noch einmal warm. --- Also das Wasser war ja jetzt
 101 schon sehr heiß. Das hat ja gekocht davor sogar.
 102 S: Hmhm, das hat man auch so ein bisschen gesehen.
 103 I: --- so jetzt kocht es auch - habe ich es ausgemacht? Ja. -- Ok ich schütte
 104 es noch einmal drüber, bis alles weg ist, ok? - du kannst den Luftballon
 105 beobachten -- schauen wir mal.
 106 (5 sec)
 107 S: Ich habe Angst, dass das da vorne jetzt ab ---
 108 I: Wird er größer?
 109 S: --- irgendwie nicht. ---
 110 I: Ist er noch so gleich groß wie vorher?
 111 S: Ja
 112 I: (4 sec) voller kann ich es jetzt nicht machen --- aber ich finde schon, dass
 113 er ein bisschen größer geworden ist, guck. --- einen Ticken.
 114 S: Hmhm vielleicht so [zeigt mit Fingern einen ganz kleinen Abstand]
 115 I: Ja ---
 116 S: Und jetzt hängt er auch mehr nach unten als vorher.
 117 I: Hmhm.
 118 S: Vielleicht, weil er jetzt schwerer ist.
 119 I: Wenn du alles was du gesehen hast - also das, und das mit dem Wasser
 120 und das mit der Kugel - alles zusammenfassen könntest in einem Satz
 121 oder in zweien. Wie würdest du das sagen? - Die Erklärung dafür?

- 122 S: Also ich würde sagen, dass wenn man einen Gegenstand erhitzt, dass er
123 sich ausdehnt - und mehr Platz dann verbraucht.
- 124 I: Hmhm super. - und du glaubst, dass das - bei allen Sachen, die wir
125 erwärmen so ist?
- 126 S: Also, also ich, bei- was ich bis jetzt gesehen habe eigentlich schon.
- 127 I: Hmhm -- ok, super. --- hast du sonst noch Fragen?
- 128 S: Eigentlich nicht.

I2: Tom redigierte Aussagen

(1-7) Das letzte Mal haben wir [einen Versuch] mit dieser Eisenkugel gemacht, die wir erwärmt haben und dann hat sie nicht mehr durch das Loch gepasst.

(9-15) Dann hatten wir das mit diesem roten Wasser. Da haben wir einen Stab reingetan und dann haben wir das ins heiße Wasser gestellt. Dann ist das rote Wasser, das in diesem Glas war, da drin weiter gestiegen.

(23-29) Bei uns im Physikbuch gab es auch nochmal ein Bild dazu. Da stand, dass wenn man so schwere Gegenstände erhitzt, dann dehnen die sich aus und werden größer. Ich weiß jetzt nicht was für welche das waren, [aber bei der Kugel war es auch so].

(32-36) [Wir haben das bunte Wasser in heißes Wasser gestellt]. Das dehnt sich vielleicht wie bei der Kugel aus und wird mehr.

(45-50) [Über die Flasche wird jetzt heißes Wasser geschüttet. Was dann passieren könnte ist], dass Luft in den Luftballon kommt und dann wird er größer.

(53-65) Ich habe vielleicht eine Ahnung warum das so sein könnte: die Flasche wird ja erwärmt und dann kann es sein, dass die Luft raus will, weil es in diesem Teil sehr heiß wird, aber nicht raus kann. [Sie will praktisch weg vom heißen] und dann [geht] sie in diesen Luftballon rein. Die Luft ist vielleicht warm [geworden] durch das warme Wasser [und wenn sie warm wird] dehnt sie sich aus.

(67-73) Es hat alles [alle Versuche] mit warmen (heißen) Sachen zu tun. Die Sachen werden durch Wärme erhitzt.

(76-91) Atom habe ich schon mal irgendwo gehört. Ich stelle mir da vielleicht so gasförmige Kügelchen vor, die in der Luft irgendwie herumschwirren. [Die sind jetzt zum Beispiel auch hier drinnen. Und wenn wir das erhitzen], dann werden die größer, und [deswegen wird die Luft hier größer und der Luftballon bläht sich auf]. [Bei den anderen Versuchen] ist ja alles größer geworden, da glaube ich eher schon, [dass da auch so Atome sind].

(110-118) [Nachdem noch einmal heißes Wasser über den Luftballon geschüttet wurde] ist er noch so groß wie vorher. Vielleicht ein bisschen größer. Jetzt hängt er auch mehr nach unten als vorher, weil er jetzt schwerer ist, vielleicht.

(122-126) Ich würde sagen, dass wenn man einen Gegenstand erhitzt, er sich ausdehnt und dann mehr Platz verbraucht. Bei [allem] was ich bis jetzt gesehen habe ist das so.

I3: Tom geordnete Aussagen

Beobachtung: Ausdehnung bei Erwärmung

(23-29, 32-36, 53-65, 122-126) Bei uns im Physikbuch gab es auch nochmal ein Bild dazu. Da stand, dass wenn man so schwere Gegenstände erhitzt, dann dehnen die sich aus und werden größer. Ich weiß jetzt nicht was für welche das waren, {aber bei der Kugel war es auch so}. {Wir haben das bunte Wasser in heißes Wasser gestellt}. Das dehnt sich vielleicht wie bei der Kugel aus und wird mehr. {Die Luft will praktisch weg vom heißen} und dann {geht} sie in diesen Luftballon rein. Die Luft ist vielleicht warm {geworden} durch das warme Wasser {und wenn sie warm wird} dehnt sie sich aus. Ich würde sagen, dass wenn man einen Gegenstand erhitzt, er sich ausdehnt und dann mehr Platz verbraucht. Bei {allem} was ich bis jetzt gesehen habe ist das so.

Scheinerklärung: Wärme ist ein Stoff, der Platz verbraucht.

(53-65) Ich habe vielleicht eine Ahnung warum das so sein könnte: die Flasche wird ja erwärmt und dann kann es sein, dass die Luft raus will, weil es in diesem Teil sehr heiß wird, aber nicht raus kann. {Sie will praktisch weg vom heißen} und dann {geht} sie in diesen Luftballon rein. Die Luft ist vielleicht warm {geworden} durch das warme Wasser {und wenn sie warm wird} dehnt sie sich aus.

Teilchenvorstellungen

(76-91) Atom habe ich schon mal irgendwo gehört. Ich stelle mir da vielleicht so gasförmige Kügelchen vor, die in der Luft irgendwie herumschwirren. {Die sind jetzt zum Beispiel auch hier drinnen. Und wenn wir das erhitzen}, dann werden die größer, und {deswegen wird die Luft hier größer und der Luftballon bläht sich auf}. {Bei den anderen Versuchen} ist ja alles größer geworden, da glaube ich eher schon, {dass da auch so Atome sind}.

Verbindung zwischen den 3 Versuchen/Aggregatzuständen

(67-73, 122-126) Es hat alles {alle Versuche} mit warmen (heißen) Sachen zu tun. Die werden durch Wärme erhitzt. Ich würde sagen, dass wenn man einen Gegenstand erhitzt, er sich ausdehnt und dann mehr Platz verbraucht. Bei {allem} was ich bis jetzt gesehen habe ist das so.

J1: Heike Transkript

- 1 I: So. Kannst du dich noch erinnern an letztes Mal wo ich hier war?
- 2 S: Ja
- 3 I: Was war- was hast du denn da gesehen? -- was habe ich da gezeigt?
- 4 Weißt du das noch?
- 5 S: Das mit dem Feuer --- und mit diesem Glas mit dem Strohhalm drinnen
- 6 I: Ja - was war denn mit dem Feuer? Was habe ich da gemacht? -- Weißt du
- 7 das noch? Ich hatte noch eine Metallkugel - da war so eine Metallkugel --
- 8 und dann habe ich das Feuer angemacht und die über das Feuer gehalten.
- 9 -- So ein paar Minuten lang. Ja? Kannst du dich erinnern?
- 10 S: Ja.
- 11 I: Und dann? Weißt du was dann passiert ist?
- 12 S: Dann ging die Kugel nicht mehr durch das Loch.
- 13 I: Genau. Da war so ein Loch - und da hat es nicht mehr durchgepasst. -
- 14 Nachdem ich es erhitzt habe, oder?
- 15 S: Ja
- 16 I: Genau. Und was war bei dem Wasser? Da hatte ich - so wie du gesagt
- 17 hast. Da war so ein Strohhalm - in diesem einen Gefäß drinnen
- 18 S: Das Wasser ist dann hochgestiegen.
- 19 I: Aha. Wann ist das hochgestiegen?
- 20 S: (5 sec) wenn das Wasser heiß wurde.
- 21 I: Hmhm also dieses bunte Wasser, was habe ich damit gemacht?
- 22 S: Erhitzt
- 23 I: Wie habe ich das erhitzt? Weißt du das noch?
- 24 S: Mit einem Wasserkocher?

25 I: Ja, mit einem Wasserkocher. Ich habe da - ich glaube ich hatte heißes
26 Wasser in einem Gefäß -- und dann habe ich da das bunte Wasser
27 reingestellt.

28 S: Ja - ja.

29 I: Oder? So war das. Ok. Hast du denn eine Idee, warum das so passiert ist?
30 - Dass das hochgestiegen ist? - das bunte Wasser

31 S: --- nein

32 I: Nein?

33 S: Nein.

34 I: Guck mal du hast hier - warte -- hast du was hingeschrieben. -- du hast
35 geschrieben ich glaube, dass da beim Glas das Wasser durchkommt und
36 dadurch steigt das Wasser nach oben -- was meintest du damit?

37 S: -- also dass, wenn das Glas -- ich weiß es selber nicht mehr [lachend]

38 I: [lacht] ok. -- naja macht nichts (5 sec) und bei der Kugel? - hast du da
39 noch eine Idee, warum das so sein könnte? Warum die da nicht mehr
40 durchpasst - nachdem wir sie heiß gemacht haben?

41 S: -- vielleicht irgendwie ()

42 I: Ok - wie meinst du das?

43 S: also die geht so - die geht so raus und innen wird die hohl.

44 I: Hmhm, und was ist dann innen drinnen?

45 S: -- Luft

46 I: Luft, ok.

47 S: [lacht verlegen]

48 I: Ja, das sind alles nur Vermutungen - also -- hier gibt es keine falsche und
49 keine richtige Antwort, es ist nur - ich möchte wissen, wie du dir das
50 vorstellst. (4 sec) wie könntest du es dir denn bei dem Wasser vorstellen?

51 S: (6 sec) weiß ich nicht

52 I: - wieso könnte das denn hochsteigen - wenn das warm wird? -- glaubst
53 du es hat was mit der Kugel zu tun? - siehst du da irgendeine Verbindung
54 zwischen den beiden? -- nein? Ok. - Weißt du was? Ich glaube es ist am
55 besten, wenn wir uns noch einen Versuch angucken - oder? Ja?

56 [...]

57 I: Jetzt lege ich das hier so hin --- und jetzt schütte ich das Wasser hier so
58 drüber. - Ok? Da kann kein Wasser rein, weil das alles zu ist.

59 S: Der Ballon bläst sich auf.

60 I: Glaubst du?

61 S: Hmhm, ja.

62 I: Ok. Gucken wir mal. (10 sec) [schüttet das heiße Wasser über die
63 Flasche]

64 S: Ja!

65 I: Du hattest Recht. -- Cool oder?

66 S: Ja

67 I: Und pumpt es sich weiter auf?

68 S: Ja. (6 sec) wird immer größer.

69 I: Ja. Was glaubst du wie lange geht das so, wenn ich weitermache?

70 S: Bis er platzt?

71 I: Das habe ich leider noch nicht geschafft. -- Aber der ist schon gut groß
72 geworden, oder?

73 S: Ja

74 I: Guck mal, der liegt sogar gar nicht mehr auf dem Tisch. -- Wie erklärst
75 du dir denn das? -- Vielleicht beschreib erst mal. Was- was habe ich denn
76 gemacht? - Schritt für Schritt.

77 S: Also Sie haben den Luftballon über die Flasche gezogen.

78 I: Wie bitte?

79 S: Sie haben den Luftballon über die Flasche gezogen.

80 I: Hmhm

81 S: Die Flasche in dieses Gefäß gestellt und heißes Wasser drübergemacht.

82 I: Das heiße Wasser drüber. Genau. Was glaubst du was ist denn dann in
83 der Flasche passiert?

84 S: (4 sec) da ist Luft reingekommen?

85 I: Luft reingekommen? Aber wir haben doch vorhin gesehen, dass da keine
86 Luft rein kann, oder? Weil es ganz zu war.

87 S: Ja (4 sec) vielleicht sind da Löcher drin [lacht]

88 I: [lacht] nein - ich kann dir versichern es sind keine Löcher drinnen. --
89 Kannst du dir eine andere Erklärung vorstellen?

90 S: Ich habe keine Idee (4 sec)

91 I: Vielleicht siehst du ---

92 S: Der Luftballon bläst sich eigentlich nicht noch weiter auf, weil er- ist da
93 noch Wasser drin?

94 I: Ja gut Frage -- Was hat denn das Wasser gemacht - als wir das
95 draufgeschüttet haben?

96 S: Überall anders rein?

97 I: Nein das ist nicht in die Flasche rein.

98 S: Also ich meine in das Gefäß

99 I: Achso. Genau. --

100 S: Von unten vielleicht?

101 I: Was von unten?

102 S: Kommt da irgendwie Luft rein?

103 I: Hmhm also du glaubst da muss irgendwie Luft reingekommen sein.

104 S: Ja.

105 I: Weil anders kann es sich nicht aufblasen.

106 S: Ja.

107 I: Hmhm --- und dass vielleicht aber die Luft größer wird? Könntest du dir
108 das vorstellen? (4 sec) Nein?

109 S: Nein

110 I: Ok. Aber die Kugel ist ja auch größer geworden, oder?

111 S: Ja.

112 I: Ok. Also würdest du sagen es sind zwei verschiedene Sachen?

113 S: (4 sec) das mit dem Luftballon - ist fast so gleich

114 I: Wie? Nochmal.

115 S: Also der Luftballon ist ja rund und dann wenn der sich aufpumpt ist es
116 auch hohl.

117 I: - ok. (6 sec)

118 S: Mir fällt nichts anderes ein.

119 I: Du glaubst, dass das damit ähnlich ist.

120 S: Ja.

121 I: Dass das hohl innen ist und dass die Kugel, dass die auch hohl wird
122 innen, wenn wir sie erwärmen.

123 S: Ja.

124 I: Ok. Und das Wasser?

125 S: Da habe ich immer noch keine Idee.

126 I: Ist es aber nicht auch so ähnlich wie das hier?

127 S: Ja, doch.

128 I: Inwiefern?

- 129 S: Also bei - bei dem anderen Glas das war ja da ein Strohhalm drin, wenn
 130 man das erwärmt hat da ging es halt hoch. Und da ist das halt noch dicker
 131 geworden.
- 132 I: Genau. - Also es ist irgendwie das gleiche, nur hier ist es halt dicker
 133 geworden und da ist das Wasser so hochgestiegen, oder?
- 134 S: Ja.
- 135 I: Ok gut. Ja das war es auch schon.

J2: Heike redigierte Aussagen

(6-12) [Wir haben das Feuer angemacht und die Metallkugel ein paar Minuten lang über das Feuer gehalten.] Dann ging die Kugel nicht mehr durch das Loch.

(16-37) [Bei dem Wasser war ein Strohhalm in diesem Gefäß drinnen, und] das Wasser ist dann hochgestiegen, wenn es heiß wurde. [Das bunte Wasser wurde] erhitzt. [Warum das hochgestiegen ist, weiß ich nicht]. [Ich habe geschrieben, dass da beim Glas das Wasser durchkommt und dadurch das Wasser nach oben steigt.] Was ich damit meine, weiß ich selber nicht mehr.

(38-45) [Nachdem wir die Kugel heiß gemacht haben], geht die so raus und innen wird die hohl. [Innendrin ist dann] Luft.

(50-51) Ich weiß nicht [wie ich es mir bei dem Wasser vorstellen könnte].

(57-68) Der Ballon bläst sich auf. Er wird immer größer.

(77-118) Sie haben den Luftballon über die Flasche gezogen, die Flasche in dieses Gefäß gestellt und heißes Wasser drübergemacht. [In die Flasche ist dann] Luft reingekommen. Vielleicht sind da Löcher drinnen. Ich habe keine Idee [für eine andere Erklärung]. [Als wir das Wasser draufgeschüttet haben], ist es überall in das Gefäß rein. [Ich glaube da muss irgendwie Luft reingekommen sein, weil es sich anders nicht aufblasen kann]. Vielleicht kommt von unten irgendwie Luft rein? [Dass die Luft größer wird, könnte ich mir nicht vorstellen]. [Die Kugel ist größer geworden], das ist fast gleich. Der Luftballon ist ja rund und wenn er sich aufpumpt ist es auch hohl. [Ich glaube, dass das damit ähnlich ist]. Mir fällt nichts anderes ein.

(124-134) [Bei dem Wasser] habe ich immer noch keine Idee. [Es ist aber auch so ähnlich wie das hier]. Bei dem anderen Glas war ein Strohhalm drinnen. Wenn man das erwärmt hat da ging es hoch. Und da ist das halt noch dicker geworden. [Also ist es irgendwie das gleiche, nur hier ist es dicker geworden und da ist das Wasser hochgestiegen].

J3: Heike geordnete Aussagen

Beobachtung: Ausdehnung bei Erwärmung

(38-45, 107-109) {Nachdem wir die Kugel heiß gemacht haben}, geht die so raus und innen wird die hohl. {Innendrin ist dann} Luft. {Dass die Luft größer wird, könnte ich mir nicht vorstellen}.

Scheinerklärung: Erwärmung bewirkt, dass sich Metall durch zusätzliche äußere Schichten vergrößert.

(38-45) {Nachdem wir die Kugel heiß gemacht haben}, geht die so raus und innen wird die hohl. {Innendrin ist dann} Luft.

Verbindung zwischen den 3 Versuchen/Aggregatzuständen

(113-116) [Die Kugel ist größer geworden], das ist fast gleich. Der Luftballon ist ja rund und wenn er sich aufpumpt ist es auch hohl. [Ich glaube, dass das damit ähnlich ist].

K1: Felix Transkript

- 1 I: Ok, Felix, richtig?
- 2 S: Hmhm
- 3 I: Gut, setz dich ruhig - Kannst du dich noch erinnern was wir gemacht
4 haben, das letzte Mal?
- 5 S: Ja, wir haben so, mit so einem - wie heißt das - mit so einem - wir haben
6 halt so eine Kugel erwärmt
- 7 I: Mit diesem Bunsenbrenner meinst du?
- 8 S: Hmhm
- 9 I: Ja
- 10 S: erwärmt und dann halt am Anfang ging es durch und dann nicht mehr
- 11 I: Hmhm
- 12 S: - und dann haben wir noch das gemacht, dass das Wasser immer steigt.
13 Das mit der roten Farbe, ich weiß aber nicht mehr wie das-
- 14 I: Was haben wir da gemacht?
- 15 S: Heißes Wasser.

16 I: Stimmt, ja - das haben wir in heißes Wasser gestellt.

17 S: Hmhm

18 I: Und was ist dann passiert?

19 S: Dann ist das Wasser weiter hochgestiegen - und die rote Farbe.

20 I: Hmhm. Wie erklärst du dir das?

21 S: -- weil, weil heiße, heiß geht nach oben.

22 I: Und bei der Kugel?

23 S: Bei der Kugel da ist es - ja ist es - also das Metall schmilzt und wird -

24 irgendwie - ausgebreitet oder - so - ja.

25 I: Also glaubst du die haben nichts miteinander zu tun - Wasser und Kugel.

26 S: Mmm nein.

27 I: Ok. Ich habe noch einen Versuch jetzt dabei wie ich es dir gesagt habe --

28 da brauchen wir das hier, ich mache hier schon das Wasser heiß (5 sec)

29 und hier haben wir eine Glasflasche, die ist leer.

30 S: Ja

31 I: Und ich habe hier diesen Luftballon und den will ich drüber stülpen.

32 S: Damit der Luftballon auf- aufgepustet?

33 I: Wann wird er aufgepustet?

34 S: Wenn das Wasser- heiße Wasser da drinnen in der Glasflasche drinnen

35 ist - oder wenn wir das da- also die Glasflasche hier drinnen steht und da

36 heißes Wasser drinnen ist.

37 I: Also ich soll die jetzt hier reinstellen und dann?

38 S: Heißes Wasser hier rein.

39 I: Ok. Und dann glaubst du - passiert was?

40 S: --- weiß nicht, ich kann mir da nur vorstellen, dass es irgendwie der

41 Luftballon aufgeblasen wird.

42 I: Ok, ich habe einen Vorschlag: ich mache das nicht so, sondern ich lege
 43 die hin - und schütte es hier so drüber. Ok? [Luftballon fliegt von der
 44 Flasche ab] ups

45 S: [lacht] und dann geht er vielleicht doch ab - könnte sein.

46 I: Dass er abgeht?

47 S: Ja durch - vielleicht, dass so viel heiße - also Wärme kommt, dass dann -
 48 dass er dann halt - weg will sozusagen.

49 I: Hmhm (6 sec) also hier kann kein Wasser rein, ja?

50 S: Hmhm

51 I: Das ist hier auch dicht. -- das Wasser braucht noch ein bisschen -- kannst
 52 du noch mal deine Vermutung sagen, was passiert?

53 S: Dass der Luftballon aufgeblasen wird, oder abfliegt.

54 I: Oder abfliegt. Direkt abfliegt?

55 S: -- das ist jetzt die Frage (14 sec) ich denke mal wenn er abfliegt, dann --
 56 erst -- dann direkt.

57 I: Ja?

58 S: Hmhm.

59 I: Ok

60 S: Also nicht direkt wenn das Wasser schon reis- reinfließt, erst wenn es so
 61 über - also wenn es hier drinnen ist, dann - wird ja nur die Flasche heiß,
 62 aber wenn es hier drüber - ich weiß nicht wie ich es erklären soll, aber
 63 irgendwie - denke ich-

64 I: Aber was glaubst du -- an was glaubst du eher? Dass er abfliegt oder dass
 65 er sich aufbläst?

66 S: --- weiß nicht, ist 50/50.

67 I: Ok. Sollen wir es uns angucken?

68 S: Hmhm

69 I: [schüttet das heiße Wasser über die Glasflasche]

70 S: Er wird aufgeblasen, ja.

71 I: Ja. (7 sec)

72 S: Aber wieso ist die Frage. (4 sec)

73 I: Hast du eine Idee?

74 S: --- vielleicht, dass das Wasser wie- das ist gleich wie wenn es drinnen ist

75 - wenn man es drüber schüttet - dass dann die heiße Luft nach oben geht

76 auch von außen

77 I: Hmhm, wo ist hier die Luft nach oben gegangen?

78 S: Wie bitte?

79 I: Wo meinst du ist hier die Luft nach oben gegangen?

80 S: Ja hier durch den -- Deckel.

81 I: Also so [zeigt waagerecht den Flaschenhals entlang]

82 S: Ja.

83 I: Also nicht nach oben so [zur Zimmerdecke hin], sondern die Flasche so

84 nach-

85 S: nach doch, nach oben - nur von da ist es ja nach oben.

86 I: Also so [waagerecht, den Flaschenhals entlang], aber ein bisschen nach

87 oben, oder wie?

88 S: Ja

89 I: Ah, ok.

90 (10 sec)

91 S: Irgendwie habe ich das Gefühl, dass er kleiner wird.

92 I: Ja?

93 S: --- ich weiß nicht.

94 I: Wann glaubst du würde er denn kleiner werden?

95 S: Wenn das Wasser kalt wird.

96 I: Hmhm - was wird - was passiert, wenn das Wasser kalt wird?

97 S: Dann - weil kalte Luft ist ja unten und warme Luft oben - und deswegen -
98 ja ist die kalte Luft - dann wird - kommt es irgendwie wieder raus - oder -
99 wie soll man es sagen - dann tut es irgendwie wieder --- nachlassen die
100 heiße Luft und dann wird es halt nicht mehr aufgeblasen, sondern dann
101 bleibt es -- oder es bleibt so. --

102 I: Wenn wir uns jetzt noch einmal den Anfang angucken, also ich habe
103 heißes Wasser drüber geschüttet.

104 S: Und dann wurde er größer.

105 I: Ja. Was hat denn das heiße Wasser gemacht?

106 S: Den Luftballon aufgeblasen.

107 I: Direkt den Luftballon aufgeblasen?

108 S: - na es hat ein bisschen gedauert.

109 I: Ok - was glaubst du ist da in der Flasche drinnen passiert?

110 S: wurde es heißer? - und dann wurde die heiße Luft nach oben geschoben
111 [Schulgong ertönt]

112 I: Hmhm, ok. (6 sec) und wenn ich dir jetzt so als Vorschlag sagen würde,
113 dass vielleicht nicht die Luft nach oben, hier gegangen ist, sondern dass
114 sie sich ausgedehnt hat.

115 S: Ja, stimmt.

116 I: Wie würdest du - wie würdest du das finden? Findest du das klingt
117 plausibel?

118 S: Ja - das klingt logisch, ja.

119 I: Ja? --- Siehst du denn eine Verbindung von dem Versuch und die
120 anderen die ich euch gezeigt habe das letzte Mal?

121 S: Mit dem - mit dem heißen Wasser, auch.

122 I: Und mit der Kugel.

123 S: Ja.

124 I: Ja? Also findest du die haben alle drei was miteinander zu tun?

125 S: Ja, es ist ja alles mit Erwärmung.

126 I: Hmhm, und die Erwärmung hat was gemacht?

127 S: Hier aufgeblasen, da nach oben - also nach oben gestiegen - und - bei
 128 dem Kugel - da, bei dem Kugel [lachend] bei der Kugel ist die so
 129 auseinandergedehnt worden. - Wie beim Luftballon. (4 sec)

130 I: Ok. Und wenn du das alles in einem Satz zusammenfassen müsstest, wie
 131 würdest du das sagen?

132 S: -- boa

133 I: [lacht] So als Abschluss. Also wenn du irgendwie so eine Regel oder so
 134 aufstellen willst.

135 S: -- Dass - die heiße Luft sich aus- sich nach außen dehnt - wie bei der
 136 Kugel - und - dass heiße Luft sich ausdehnt, so.

137 I: Ok. Und bei der Kugel, was hat sich da ausgedehnt?

138 S: Das Metall.

139 I: Und was war beim Wasser?

140 S: Beim Wasser hat es sich nach oben- also ist es nach oben gestiegen - also
 141 hat es sich nach oben ausgedehnt.

142 I: Ja, ok. -- ja cool - das war es auch schon.

143 S: Ok.

K2: Felix redigierte Aussagen

(3-10) {Das letzte Mal} haben wir mit einem {Bunsenbrenner} eine Kugel erwärmt.
 Am Anfang ging es durch und dann nicht mehr.

(12-21) Wir haben dann noch das gemacht, dass das Wasser immer steigt. (Das mit der roten Farbe). {Wir haben das in heißes Wasser gestellt} und dann ist das Wasser und die rote Farbe weiter hochgestiegen, weil heiß geht nach oben.

(23-26) Bei der Kugel schmilzt das Metall und wird irgendwie ausgebreitet oder so. {Also glaube ich, dass Wasser und Kugel nichts miteinander zu tun haben}.

(40-48) {Der Luftballon wird aufgepustet} wenn das heiße Wasser da in der Glasflasche drinnen ist, oder wenn die Glasflasche hier {im Gefäß} steht und da heißes Wasser drinnen ist. Ich weiß nicht {was passieren wird}, ich kann mir da nur vorstellen, dass irgendwie der Luftballon aufgeblasen wird. Und dann geht er vielleicht doch ab. Könnte sein, {dass er dadurch abgeht}, dass so viel Wärme kommt, dass er dann wegwill, sozusagen.

(51-66) {Meine Vermutung ist} dass der Luftballon aufgeblasen wird, oder abfliegt. Ich denke mal, wenn er abfliegt dann (erst) direkt. Also nicht direkt wenn das Wasser schon reinfließt, erst wenn es hier drinnen ist. Dann wird ja nur die Flasche heiß. {Dass er abfliegt oder dass er sich aufbläst} ist 50/50.

(74-88) Er wird aufgeblasen. Wenn man es drüber schüttet, ist das vielleicht gleich wie wenn (das Wasser) drinnen ist: dass dann die heiße Luft auch von außen nach oben geht. {Die Luft ist hier} durch den Deckel {nach oben gegangen}.

(91-101) Irgendwie habe ich das Gefühl, dass {der Luftballon} kleiner wird. {Er würde kleiner werden}, wenn das Wasser kalt wird, weil kalte Luft ist ja unten und warme Luft oben. Deswegen kommt es (die kalte Luft) irgendwie wieder raus, oder dann tut es (die heiße Luft) irgendwie wieder nachlassen und dann wird es nicht mehr aufgeblasen, sondern dann bleibt es. Oder es bleibt so.

(102-110) {Es wurde heißes Wasser drüber geschüttet} und dann wurde {der Luftballon} größer. {Das heiße Wasser} hat den Luftballon aufgeblasen. Es hat ein bisschen gedauert. {In der Flasche} wurde es heißer und dann wurde die heiße Luft nach oben geschoben.

(112-118) Es klingt logisch, {dass die Luft nicht nach oben gegangen ist, sondern dass sie sich ausgedehnt hat}.

(119-129) {Ich sehe eine Verbindung zu dem Versuch} mit dem heißen Wasser. {Und mit der Kugel auch.} Es ist ja alles mit Erwärmung. {Die Erwärmung} hat hier aufgeblasen, da nach oben gestiegen und bei der Kugel ist die wie beim Luftballon so auseinandergedehnt worden.

(130-141) {Als Regel würde ich sagen}, dass die heiße Luft sich wie bei der Kugel nach außen dehnt (ausdehnt). {Bei der Kugel} hat sich das Metall ausgedehnt und beim Wasser ist es nach oben gestiegen (nach oben ausgedehnt).

K3: Felix geordnete Aussagen

Beobachtung: Ausdehnung bei Erwärmung

(112-118, 119-129, 130-141) {Ich sehe eine Verbindung zu dem Versuch} mit dem heißen Wasser. {Und mit der Kugel auch.} Es ist ja alles mit Erwärmung. {Die Erwärmung} hat hier aufgeblasen, da nach oben gestiegen und bei der Kugel ist die wie beim Luftballon so auseinandergedehnt worden. Es klingt logisch, {dass die Luft

nicht nach oben gegangen ist, sondern dass sie sich ausgedehnt hat}. {Als Regel würde ich sagen}, dass die heiße Luft sich wie bei der Kugel nach außen dehnt (ausdehnt). {Bei der Kugel} hat sich das Metall ausgedehnt und beim Wasser ist es nach oben gestiegen (nach oben ausgedehnt).

Scheinerklärung: Erwärmung bewirkt, dass sich Metall durch zusätzliche äußere Schichten vergrößert.

(23-26) Bei der Kugel schmilzt das Metall und wird irgendwie ausgebreitet oder so. {Also glaube ich, dass Wasser und Kugel nichts miteinander zu tun haben}.

Scheinerklärung: Wärme bringt Dinge generell zum hochsteigen.

(12-21, 74-88, 91-101, 102-110, 119-129, 130-141) Wir haben dann noch das gemacht, dass das Wasser immer steigt. (Das mit der roten Farbe). {Wir haben das in heißes Wasser gestellt} und dann ist das Wasser und die rote Farbe weiter hochgestiegen, weil heiß geht nach oben. Es ist ja alles mit Erwärmung. {Die Erwärmung} hat hier aufgeblasen, da nach oben gestiegen und bei der Kugel ist die wie beim Luftballon so auseinandergedehnt worden. {Bei der Kugel} hat sich das Metall ausgedehnt und beim Wasser ist es nach oben gestiegen (nach oben ausgedehnt). {Es wurde heißes Wasser drüber geschüttet} und dann wurde {der Luftballon} größer. {Das heiße Wasser} hat den Luftballon aufgeblasen. Es hat ein bisschen gedauert. {In der Flasche} wurde es heißer und dann wurde die heiße Luft nach oben geschoben. Er wird aufgeblasen. Wenn man es drüber schüttet, ist das vielleicht gleich wie wenn (das Wasser) drinnen ist: dass dann die heiße Luft auch von außen nach oben geht. {Die Luft ist hier} durch den Deckel {nach oben gegangen}. Irgendwie habe ich das Gefühl, dass {der Luftballon} kleiner wird. {Er würde kleiner werden}, wenn das Wasser kalt wird, weil kalte Luft ist ja unten und warme Luft oben. Deswegen kommt es (die kalte Luft) irgendwie wieder raus, oder dann tut es (die heiße Luft) irgendwie wieder nachlassen und dann wird es nicht mehr aufgeblasen, sondern dann bleibt es.

Scheinerklärung: Wärme ist ein Stoff, der Platz verbraucht.

(40-48, 102-110) Ich weiß nicht {was passieren wird}, ich kann mir da nur vorstellen, dass irgendwie der Luftballon aufgeblasen wird. Und dann geht er vielleicht doch ab. Könnte sein, {dass er dadurch abgeht}, dass so viel Wärme kommt, dass er dann weg will, sozusagen. {Es wurde heißes Wasser drüber geschüttet} und dann wurde {der Luftballon} größer. {Das heiße Wasser} hat den Luftballon aufgeblasen. Es hat ein bisschen gedauert. {In der Flasche} wurde es heißer und dann wurde die heiße Luft nach oben geschoben.

Verbindung zwischen den 3 Versuchen/Aggregatzuständen

(119-129) {Ich sehe eine Verbindung zu dem Versuch} mit dem heißen Wasser. {Und mit der Kugel auch.} Es ist ja alles mit Erwärmung. {Die Erwärmung} hat hier aufgeblasen, da nach oben gestiegen und bei der Kugel ist die wie beim Luftballon so auseinandergedehnt worden.

Eigenständigkeitserklärung

Ich versichere hiermit, dass ich diese Arbeit selbstständig verfasst, keine anderen, als die angegebenen Hilfsmittel verwendet und diejenigen Elemente, die anderen benutzten Druck- und digitalisierten Werken im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, mit Quellenangaben kenntlich gemacht habe.

Darmstadt, den 20.12.2017

Lion Cornelius Glatz