

Bei dieser Arbeit handelt es sich um eine Wissenschaftliche Hausarbeit, die an der Universität Kassel angefertigt wurde. Die hier veröffentlichte Version kann von der als Prüfungsleistung eingereichten Version geringfügig abweichen. Weitere Wissenschaftliche Hausarbeiten finden Sie hier: <https://kobra.bibliothek.uni-kassel.de/handle/urn:nbn:de:hebis:34-2011040837235>

Diese Arbeit wurde mit organisatorischer Unterstützung des Zentrums für Lehrerbildung der Universität Kassel veröffentlicht. Informationen zum ZLB finden Sie unter folgendem Link:

www.uni-kassel.de/zlb

Wissenschaftliche Hausarbeit zur Ersten Staatsprüfung
für das Lehramt an Haupt- und Realschulen

„Zur Rolle der Intuition beim Mathematischen Modellieren

—

eine empirische Annäherung“

Verfasserin:

Steffi Tecklenburg

Prüferin:

Prof. Dr. Rita Borromeo Ferri

Bearbeitungszeit:

15.08.2012 – 07.11.2012

Kassel, November 2012

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
Anhangsverzeichnis	V
1 Einleitung	6
2 Theoretische Ansätze	8
2.1 Intuition	8
2.1.1 Begriffserklärung und Einordnung.....	8
2.1.1.1 Der Begriff „Intuition“	9
2.1.1.2 Intuition und empathische Vernunft.....	9
2.1.1.3 Intuition, Bewusstsein und Kreativität.....	10
2.1.1.4 Intuition und Gehirn	12
2.1.1.5 Intuition und Rationalität	14
2.1.2 Intuition und implizites Wissen	15
2.1.2.1 Implizites Wissen versus explizites Wissen	15
2.1.2.2 Implizites Wissen und dessen Fähigkeiten	17
2.1.2.3 Implizites Wissen als Grundlage der Intuition	18
2.1.3 Intuition und Anwendung von vorhandenem Wissen.....	20
2.1.4 Intuition und Umsetzung.....	22
2.2 Mathematisches Modellieren	23
2.2.1 Begriffserklärung.....	24
2.2.2 Der Modellierungsprozess.....	26
2.2.3 Entwicklung von Modellierungsaufgaben.....	31
2.3 Intuition und Mathematische Modellierung	31
3 Methodologische und methodische Grundlagen	36
3.1 Methodologischer Ansatz der Untersuchung.....	36
3.1.1 Grundlegendes zur empirischen Untersuchung.....	36
3.1.2 Theoriebildung und Verallgemeinerung	37
3.1.3 Gütekriterien	39
3.1.4 Laborstudie	39
3.1.5 Sampling-Strategien	40
3.1.6 Design der Untersuchung.....	41

3.2 Erhebungsmethoden.....	42
3.2.1 Interviews	43
3.2.2 Fragebogen	45
3.2.3 Modellierungsaufgaben – Stoffdidaktische Analyse.....	46
3.2.3.1 Stoffdidaktische Analyse der Bonbon-Aufgabe	47
3.2.3.2 Stoffdidaktische Analyse der Kuppel-Aufgabe	50
3.2.4 Zeitplan.....	53
3.3 Auswertungsmethoden	54
3.3.1 Datentriangulation	55
3.3.2 Theoretisches Kodieren	56
4 Ergebnisse.....	59
4.1 Fallbeispiel Ashley	59
4.2 Ergebnisse der Interviews	72
4.3 Ergebnisse der Fragebögen	83
4.4 Ergebnisse der Videoaufnahmen	87
5 Zusammenfassung und Perspektiven.....	89
5.1 Zusammenfassung	89
5.2 Perspektiven	90
Literaturverzeichnis.....	92
Internetquellen	97
Anhang.....	98
Erklärung.....	173

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Modellierungskreislauf aus der angewandten Mathematik (Borromeo-Ferri 2011: 15)	26
Abbildung 2: Modellierungskreislauf nach Pollak (1979: 233)	27
Abbildung 3: Modellierungsprozess nach Ortlieb (et al. 2009: 5)	27
Abbildung 4: Didaktischer Modellierungskreislauf (Borromeo-Ferri 2011: 16)	28
Abbildung 5: Modellierungsprozess nach Blum (1985: 200)	28
Abbildung 6: Modellierungskreislauf als Basis für die Rekonstruktion des Situationsmodells bei der Verwendung von Textaufgaben (Borromeo-Ferri 2011: 18)	29
Abbildung 7: Diagnostischer Modellierungskreislauf (Borromeo-Ferri 2011: 20)	30
Abbildung 8: Modellierungskreislauf nach Blum/ Leiß (2005: 19)	30
Abbildung 9: Aufgabe Nr. 1: Bonbons	47
Abbildung 10: Skizze des Glases und der Kugel	48
Abbildung 11: Realmodell des Glases	48
Abbildung 12: Realmodell des Bonbons	49
Abbildung 13: Aufgabe Nr. 2: Kuppel	50
Abbildung 14: Skizze der Reichtagskuppel	51
Abbildung 15: Realmodell der Kuppel	52
Abbildung 16: Lösungszettel 1 von Ashley	61
Abbildung 17: Fragebogen 1 von Ashley	63
Abbildung 18: Lösungszettel 2 von Ashley	66
Abbildung 19: Fragebogen 2 von Ashley	68
Abbildung 20: Unbewusstes Handeln	73
Abbildung 21: Einordnung des intuitiven Verhaltens in den Modellierungskreislauf (1. Aufgabe)	76
Abbildung 22: Einordnung des intuitiven Verhaltens in den Modellierungskreislauf (2. Aufgabe)	77
Abbildung 23: Kategorisierte Einordnung des intuitiven Verhaltens in den Modellierungskreislauf (2. Aufgabe)	78

Abbildung 24: Übereinstimmung des intuitiven Verhaltens bei beiden Aufgaben	80
Abbildung 25: Bereiche, die mit intuitiven Verhalten in Verbindung gesetzt werden	83
Abbildung 26: Fragebogen1 von Agirl	84
Abbildung 27: Fragebogen 1 von Ashley	84
Abbildung 28: Fragebogen 1 von Boss	84
Abbildung 29: Fragebogen 1 von Marry	84
Abbildung 30: Fragebogen 1 von Nele	85
Abbildung 31: Fragebogen 1: Epic	85
Abbildung 32: Fragebogen 2: Cassie	85
Abbildung 33: Fragebogen 2: Mc Fly	86
Abbildung 34: Fragebogen 2: Marry	86
Abbildung 35: Fragebogen 2: Epic	86
Abbildung 36: Fragebogen 2: Mc Fly	86
Abbildung 37: Fragebogen 2: Fame	87

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Implizites vs. explizites Wissen (Erstellt durch Tecklenburg, S. nach Zeuch 2004: 44)	17
Tabelle 2: Kriterien für intuitive oder analytische Entscheidungen (Erstellt durch Tecklenburg, S. nach Klein 2001: 95)	22
Tabelle 3: Entscheidungsmodell mit rationalen und intuitiven Elementen (Erstellt durch Tecklenburg, S. nach Traufetter 2008: 305)	23
Tabelle 4: Überblick über die Erhebungsmethoden und deren Ziele	54
Tabelle 5: Überblick über die Erhebung und Auswertung	54
Tabelle 6: tabellarische Übersicht der Subkodes zur Intuition beider Aufgaben	79
Tabelle 7: tabellarische Übersicht der Subkodes zur Einordnung der Intuition im Modellierungskreislauf	81

Anhangsverzeichnis

Anhang 1: Einverständniserklärung.....	99
Anhang 2: Fragebogen.....	100
Anhang 3: Transkripte aller Interviews.....	106

1 Einleitung

Diese wissenschaftliche Examensarbeit beschäftigt sich mit der Frage, welche Rolle die Intuition beim Mathematischen Modellieren spielt. Da bisher kaum Erkenntnisse zu diesem Thema in der Welt der Mathematik existieren, findet hierzu eine empirische Annäherung in Form von Befragungen, Beobachtungen und Interviews von einer Gruppe von Schülern und Schülerinnen¹ an einer Schule statt.

Der erste theoretische Ausarbeitungsteil soll die folgenden Fragen versuchen zu beantworten:

- Was ist Intuition?
- Wie kann Intuition eingegrenzt und von anderen Bereichen, wie der Kreativität, der empathischen Vernunft und dem Bewusstsein abgegrenzt werden?
- Welche wissenschaftlichen Grundlagen gibt es?
- Mit welchen neurologischen Zusammenhängen ist die Intuition verknüpft?
- Wie wird Intuition umgesetzt?
- Wird Wissen bei der Intuition vorausgesetzt, wenn ja welches?
- Wie hängen implizites Wissen und Intuition zusammen?
- Welche bisherigen empirischen Ansätze zur Intuition existieren in der Welt der Mathematik?

Im zweiten Theorieteil wird das Mathematische Modellieren erklärt. Hierzu wird ein kurzer Überblick über die Aspekte der Begriffserklärung, des Prozesses und der Entwicklung von Aufgaben beim Mathematischen Modellieren gegeben. Dies soll dazu führen, dass sich der Leser/ die Leserin unter dem Mathematischen Modellieren und deren Bedeutung in der Welt der Mathematik etwas vorstellen kann.

Im dritten Theorieteil werden die bisherigen empirischen Erkenntnisse im

¹ Im Weiteren wird das Wort Schüler sowohl für weibliche als auch für männliche Schüler verwendet.

Bereich der Mathematik und der Intuition vorgestellt. Seitens des Mathematischen Modellierens kann lediglich auf eine empirische Quelle eingegangen werden, da die Intuition in diesem Bereich bisher kaum untersucht wurde.

Im zweiten Kapitel dieser Arbeit werden die methodologischen und methodischen Grundlagen der empirischen Annäherung dargestellt. Innerhalb dieses Kapitels sind auch die von mir entwickelten und eingesetzten Fragebögen, die Fragen des Leitfadeninterviews und die Modellierungsaufgaben samt ihrer stoffdidaktischen Analyse zu finden. Des Weiteren befindet sich hier der Zeitplan der Untersuchung und die Darstellung über die von mir verwendeten Auswertungsmethoden der empirischen Annäherung.

Das dritte Kapitel gibt einen Überblick über meine gewonnenen Ergebnisse und geht speziell auf die von mir aufgestellten Hypothesengenerierungen ein. Des Weiteren wird an Hand eines Fallbeispiels mein Vorgehen bei der Datenauswertung exemplarisch und detailliert erläutert.

Im letzten Kapitel dieser wissenschaftlichen Examensarbeit findet eine Zusammenfassung aller wichtigen Erkenntnisse statt. Hier wird auch erklärt, ob Intuition beim Mathematischen Modellieren erkennbar ist oder nicht. Wenn ja, welche Rolle die Intuition beim Mathematischen Modellieren spielt und wie sich die Intuition beim Mathematischen Modellieren erkennen lässt. Darüber hinaus werden Perspektiven für eine mögliche vertiefende Untersuchung aufgezeigt.

2 Theoretische Ansätze

Im ersten Teil dieser Arbeit werden auf die theoretischen Ansätze, die da wären Intuition und Mathematisches Modellieren, eingegangen. Beide Begriffe werden ausreichend erklärt, damit ein gutes Verständnis der Begrifflichkeiten für die vorliegende Untersuchungsarbeit gewährleistet werden kann und die Ergebnisse und dessen Umsetzung korrekt interpretiert werden können. Hierzu werden auf die aktuellen Wissensstandpunkte innerhalb der Mathematik, der Psychologie und der Neurowissenschaft zurückgegriffen.

2.1 Intuition

Um ein besseres Verständnis von dem Wort Intuition zu erhalten, wird zuerst der Begriff Intuition erklärt. Im weiteren Verlauf werden die Zusammenhänge der Intuition mit anderen Bereichen aufgezeigt, der Bezug zwischen Intuition und Bewusstsein dargestellt und neurologische Grundlagen aufgezeigt, die zu intuitivem Handeln führen können. Des Weiteren wird die Intuition in Bezug zum impliziten Wissen gesetzt, da implizites Wissen eine mögliche Grundlage von Intuition sein könnte. Zum Schluss wird auf die aktuelle wissenschaftliche Situation seitens der Intuition und der Mathematikwelt eingegangen. Ein aktueller Wissensstandpunkt in der Forschung bezüglich der Intuition im Bereich des Mathematischen Modellierens kann nicht gezeigt werden, da es hierzu bislang keine empirischen Befunde gibt. Dies alles geschieht vor dem Hintergrund, mögliche Ursprünge und Ansätze der Intuition während der Untersuchung erkennen zu können und ihren Verlauf beim Mathematischen Modellieren rekonstruieren zu können.

2.1.1 Begriffserklärung und Einordnung

Im ersten Abschnitt dieses Kapitels wird das Wort Intuition und dessen Bedeutung näher erläutert, um sich ein Bild über dessen Aspekte, die im Anschluss vorgestellt werden, machen zu können. Im nächsten Abschnitt werden Zusammenhänge zwischen der Intuition, dem Bewusstsein und

der Kreativität dargestellt. Daraufhin werden neurologische Grundlagen präsentiert, die zu intuitiven Erlebnissen führen können. Das Schlusskapitel befasst sich mit der Intuition und ob diese mit rationalen oder irrationalen Vorgehensweisen in Verbindung steht.

2.1.1.1 Der Begriff „Intuition“

Intuition stammt vom lateinischen Wort „intueri“ und bedeutet soviel wie anschauen/ betrachten. Dies bestätigt Laplace (1814 nach Ruthenbeck 2004: 19f.) indem er seine Auffassung der Intuition mit direktem, unmittelbarem Wahrnehmen, Ansehen, Schauen, Sehen und Erkennen von Wissen beschreibt. Das Lexikon der Neurowissenschaften (2000: 206) beschreibt die Intuition als eine

„Bezeichnung für ein unmittelbares Erfahren oder Erkennen eines Sachverhaltes“.

2.1.1.2 Intuition und empathische Vernunft

Jürg Theiler (2000: 137; zit. n.: Ruthenbeck 2004: 21) beschreibt die empathische Vernunft genauso wie die Intuition bislang in Kapitel 2.1.1 beschrieben wurde. Er führt aus, dass das empathische Vernunftthirn das körperliche Organ der Intuition ist. Er (ebd.: 137; zit. n.: Ruthenbeck 2004: 21) merkt an, dass die innere Stimme gleich der intuitiven Stimme beziehungsweise Intuition ist und aus der rechten Gehirnhälfte stammt. Ruthenbeck (2004: 21) fügt diesem an, dass die Intuition häufig unterbewusst mit Bildern verknüpft wird, wobei die rechte Hälfte des Gehirns eher sprachliche Zentren beinhaltet. Daraus resultiert Ruthenbeck (ebd.: 21), dass die Sprache der Intuition eine andere ist, als die des instrumentellen Vernunftthirns. Theiler (2000; zit. n.: Ruthenbeck 2004: 21) präzisiert, dass die Sprache der Intuition diffus und schnell und die des instrumentellen Vernunftthirns präzise und langsam ist. Somit ist die Sprache der Intuition nach Ruthenbeck (2004: 21) eine Kombination aus Bildern, Gefühlen und verbalen Wahrnehmungen. Ruthenbeck (ebd.: 21) führt aus, dass die Intuition durch diese Kombination diffus erscheint und schwierig wahrzunehmen ist, dennoch klare und absolute Aussagen hervorbringt.

Das empathische Vernunftthirn beruft sich auf Erfahrungswerte, die mit Hilfe der rechten Hälfte der Großhirnrinde überliefert werden. Dabei hat das empathische Vernunftthirn zwei Aufgaben. Zum einen das bewusst machen richtiger Ziele und zum anderen die Integration. (Vgl. Ruthenbeck ebd.: 22).

Unter der ersten Aufgabe versteht Theiler (2000; zit. n.: Ruthenbeck 2004: 22) das Erkennen, ob ein Ziel erreicht werden soll und ob dieses Ziel überhaupt das Richtige ist. Unter der zweiten Aufgabe versteht er (2000; zit. n.: Ruthenbeck 2004: 22) die Integration von Informationen anderer Hirnareale, die für den vorliegenden Zusammenhang von Bedeutung sind. Signifikant an dieser Stelle ist, dass die Intuition nicht nur für das Erreichen eines Zieles verantwortlich ist, sondern die Verknüpfung von Verstand und Intuition hierfür notwendig sind.

2.1.1.3 Intuition, Bewusstsein und Kreativität

Inwiefern Intuition und Bewusstsein zusammenhängen und welche Rolle die Kreativität dabei spielt wird nun dargestellt. Nach Holler (1996; zit. n.: Ruthenbeck 2004: 35) liegt die Kreativität im Bereich der empathischen Vernunft beziehungsweise der Intuition. Dies beschreibt Ernst (1987: 24f.) damit, dass der Mensch plötzlich einen Gedanken im Kopf hat, der die Lösung einer langfristig zu bearbeitenden Aufgabe ist. Dieser Gedanke kam dem Menschen erst in den Sinn, als er sich dem Thema abwandte, sich mit etwas anderem beschäftigte und nicht mehr an das zu Lösende dachte (vgl. ebd.: 24f.). Ruthenbeck (2004: 35) stellt hier zwei Fragen. Erstens, ob die Lösung schon vorhanden war und von dem empathischen Vernunftthirn hätte wahrgenommen werden können. Zweitens, ob ein paralleler unbewusster Lösungsprozess abgelaufen ist und das Wissen intuitiv ins Bewusstsein gelangt ist.

Um diesen Fragen auf den Grund zu gehen, wird sich im weiteren Verlauf auf Nelkin (1996: 439ff.) bezogen, der sich mit der Bewusstseinsforschung beschäftigt hat. Er verteidigt die These, dass phänomenale Zustände von

der Apperzeption² gespalten werden können, erwähnt aber gleichzeitig, dass dies kaum zu beweisen ist.

Nelkin präzisiert 3 Bewusstseinssebenen:

1. Empfindungsbewusstsein: spiegelt phänomenale Zustände, mentale Bilder oder andere Empfindungen wider.
2. B1-Bewusstsein: Hier sind Zustände, wie Wünsche, Hoffnungen, Urteile etc. enthalten.
3. B2-Bewusstsein: Dies ist das Bewusstsein über einen Zustand aus B1.

Ein Beispiel zum Verständnis bezogen auf die Mathematik: Ein Schüler ist sich in Ebene B1 bewusst, dass vor ihm ein Geodreieck liegt. In Ebene 2 ist er sich gewahr bewusst, auf welche Weise er sich über das Geodreieck bewusst ist. Werden die drei Ebenen anerkannt und verwendet, so sieht Nelkin keine Schwierigkeit, das Bewusstsein nicht zu verstehen. Die Ebenen B1- und B2-Bewusstsein sind in der Wissenschaft anerkannt, gezweifelt wird jedoch an dem Empfindungsbewusstsein und darin dass die daraus resultierenden Zustände existieren, über die der Mensch sich nicht apperzeptiv bewusst ist. Nelkin begründet dieses mit der Trennbarkeits-These, die besagt, dass ein bewusstes Empfinden existiert, welches nicht zugleich apperzipiert werden muss. Hierfür nennt er das folgende Beispiel: Lenkt der Mensch seine Aufmerksamkeit auf seine Fusssohlen, wird er eine Empfindung dabei haben. Geht er nun mit seiner Aufmerksamkeit in die Magengegend, wird er mit Bestimmtheit ein anderes Empfinden haben. Geht er danach wieder zu den Füßen zurück, so wird er wieder etwas wahrnehmen, welches nicht das gleiche ist wie zuvor, dem alten Empfinden jedoch sehr ähnelt.

Ruthenbeck (2004: 38) vergleicht nun die Intuition mit den Empfindungen der Fusssohle und folgert daraus, dass die Intuition immer anwesend ist,

² Unter der Apperzeption wird eine bewusste Wahrnehmung bzw. eine aktive Aufnahme von Gegebenen ins Bewusstsein verstanden (vgl. Duden online)

jedoch kaum im Wahrnehmungsbewusstsein ist. Er präzisiert, wenn der Mensch seine Aufmerksamkeit auf die Intuition lenkt, so kann er intuitiv empfinden beziehungsweise Mitteilungen aus dem emphatischen Vernunft-hirn erhalten. Des Weiteren fügt er an:

„Wenn das intuitive Wissen über längere Zeit nicht beachtet wurde, so kann es sich genauso plötzlich in einer Phase der Entspannung oder wenn die Gedanken auf etwas anderes gelenkt werden, ins Bewusstsein drängen. Es ist aber nicht so, dass das intuitive Wissen zuvor nicht da gewesen war und deshalb nicht wahrgenommen wurde, sondern es hätte jederzeit die Möglichkeit bestanden, das emphatische Vernunft-hirn sprechen zu lassen“ (ebd.: 38).

Signifikant hierfür ist allerdings, dass der Mensch aus seinem aktiven Modus heraustritt und in einen rezeptiven Modus einsteigt. Somit kommt er zur Ruhe und gewinnt Abstand, welches die Möglichkeit bietet eine Sache aus der Ferne zu beobachten und einen Überblick zu erhalten. In dieser Phase stellt sich das Gehirn auf Empfang, dies wiederum hat zur Folge, dass Sendungen beziehungsweise Eingebungen vom emphatischen Vernunft-hirn empfangen werden können, was dann Intuition genannt wird.

2.1.1.4 Intuition und Gehirn

Aus dem vorangegangenen Kapitel folgt, dass die Intuition latent vorhanden ist. Im Weiteren soll geklärt werden, ob Intuition beziehungsweise intuitives Wissen mit neuronalen Vorgängen im Gehirn in Verbindung steht und ob Intuition direkt erfasst werden kann.

Aus neurowissenschaftlicher Sicht beschreibt Ruthenbeck (2004:41) dieses an Hand eines simplen Beispiels, der willentlichen Armbewegung: Der Armbewegung geht nach Ruthenbeck (ebd.: 41) die Neuronenaktivität im motorischen Hirnareal voraus. Er präzisiert weiter, dass die willentliche Handlung ein mentales Ereignis sei, welche sich auf das Gehirn auswirkt, damit die Handlung ausgeführt werden kann. Ruthenbeck beschreibt auf der Grundlage von Untersuchungen, dass erste Gehirnaktivitätspotenziale, die der Bewegung vorweg gehen, vor oder nach dem Willensentschluss auftauchen. Befindet sich der Zeitpunkt vor dem Willensentschluss, so verursacht nach Ruthenbeck der Wille die Hirnaktivität und

somit dann auch die Armbewegung. Liegt der Zeitpunkt jedoch nach dem Willensentschluss, so stimmt Ruthenbeck mit der Meinung vieler Fachleute überein, dass das Gehirn bereits an der Ausführung der Armbewegung arbeitet, ehe dieser Willensentschluss dem Menschen bewusst wurde. Nach Roth (1995: 264) kann daher unter anderem der Willensentschluss kein Auslöser für eine willkürliche Bewegung sein. Roth (ebd.: 265) beschreibt weiter, dass sich dieses Phänomen bei Patienten mit einem freiliegenden Gehirn beobachten lässt: Werden bestimmte Areale des motorischen Cortex stimuliert, so führt der Patient zum Beispiel eine Armbewegung aus, welche als Willensentschluss angesehen werden kann. Somit kommt Roth zu der Meinung, dass sich das Bewusstsein über Handlungen nach den Prozessen im Gehirn richtet.

Innerhalb der Intuition wird das sogenannte Aha-Erlebnis durch Holler (1996: 356f.) mittels der Gestaltpsychologie und der Elektroenzephalographie -Ableitung nachgewiesen: Er ordnet das Aha-Erlebnis in folgende vier Phasen ein:

- Präparation: Problem erkennen, Problemstruktur analysieren und Lösungen formulieren.
- Inkubation: Die aufgestellte Strategie rückt in den Hintergrund und unbewusstes Denken tritt in den Vordergrund.
- Illumination: Das Denken wird zielgerichtet, da ein Gefühl auftaucht, was zur Einsicht führt.
- Verifikation: Die Lösung wird ausgearbeitet.

Diesen Phasen hat Holler mit Hilfe der Elektroenzephalographie (kurz: EEG) und den daraus resultierenden Alpha-, Beta-, Theta- und Deltawellen bestimmte Bewusstseinszustände während des Aha-Erlebnisses zugeordnet: Bevor das Erlebnis eintritt, ist der Patient in einem entspannten bis schlafähnlichen Zustand. Es zeigt sich, dass ein aktiver Bewusstseinszustand, der mit der Verarbeitung von Daten beschäftigt ist, nicht existiert. Beim Eintreten und während des Erlebnisses weisen alle Wellen leichte Ausprägungen auf und beim direkten Erleben zeigt die Haut Widerstands-

änderungen in galvanischer Form. Auch Damasio (1994: 296) weist Veränderungen der Hautwiderstände beim intuitiven Verarbeiten nach. Damasio ist der Auffassung, dass sich beim Aufbau von intuitiven Wissen Körperreaktionen erkennen lassen.

Um die eingangsgestellten Fragen dieses Kapitel ausführlich zu beantworten, reicht das Ausmaß dieser Arbeit nicht aus, da das Feld und die damit in Zusammenhang stehenden Erkenntnisse aus der Forschung zu groß sind. Somit lässt sich mit den Worten von Ruthenbeck (2004: 44) festhalten:

„dass sich intuitives Wissen unbewusst im Gehirn entwickelt oder auch weiterentwickelt, während bewusst über Lösungen eines Problems nachgedacht wird. Das intuitive Wissen kann (...) plötzlich durch ein Aha-Erlebnis ins Bewusstsein dringen oder es wird (...) zu einem beliebigen Zeitpunkt bewusst gemacht.“

2.1.1.5 Intuition und Rationalität

An dieser Stelle soll nun dargelegt werden, ob es sich bei der Intuition um rationale oder irrationale Vorgehensweisen handelt, da dies bei der späteren Untersuchung möglicherweise von Bedeutung sein könnte. Zu Beginn wurde bereits erwähnt, dass Intuition in der Literatur synonym mit empathischer Vernunft oder intuitivem Fühlen verwendet wird. Diese Vorstellungen der Intuition wird bei allen Autoren zu den rationalen Verarbeitungsstrategien gezählt.

„Rational umfasst dabei nicht nur sequentiell analytisches Denken (...), sondern auch ein vernünftiges, ganzheitliches sich Einfühlen und direktes Wahrnehmen einer Situation oder Sachlage (Ruthenbeck 2004: 45f).“

Irrationale Verarbeitungsweisen werden in der Literatur häufig mit dem Wort Intuieren in Verbindung gesetzt. Hierunter wird

„eine Art sensumotorischen Automatismus, der von starken Emotionen und Empfindungen begleitet ist“ (ebd.: 46)

verstanden. Solche Emotionen können sowohl angeboren als auch angelehrt sein. Sie können allerdings auch von positiven, negativen oder schmerzlichen Erfahrungen herrühren und im Zusammenhang mit einer bevorstehenden Entscheidung auftreten. Damit eine Sachlage intuitiv er-

fasst werden kann, ist es notwendig, dass solche Emotionen gar nicht auftreten oder dass sie ausgehalten beziehungsweise ausgeblendet werden, da die Entscheidung hierdurch stark beeinflusst werden kann. Ruthenbeck (ebd.: 46f.) führt weiter aus, dass schwere Aufgaben, die die analytisch-rationale Verarbeitungskapazität eines Menschen übersteigen, oft mit vereinfachten rationalen Mechanismen gelöst werden. Dies hat zur Folge, dass die Ergebnisse ungenügend oder fehlerhafte Entscheidungen nach sich ziehen. In diesem Fall liegen dann weder irrationale noch intuitive Entscheidungen vor, sondern nur begrenzt rationale.

2.1.2 Intuition und implizites Wissen

In diesem Kapitel der Ausarbeitung geht es darum, die Intuition in Verbindung mit dem impliziten Wissen zu setzen. Dazu werden zunächst die Begriffe explizites und implizites Wissen näher betrachtet und gegenübergestellt. Danach wird auf die Fähigkeiten des impliziten Wissens eingegangen, um zum Schluss ein gutes Fundament an Fachwissen zu erhalten, damit die Verbindung von Intuition und impliziten Wissen hergestellt und erklärt werden kann.

2.1.2.1 Implizites Wissen versus explizites Wissen

Im Weiteren sollen nun die Grundbegriffe explizites und implizites Wissen näher betrachtet werden und schließlich gegenübergestellt werden. Zunächst werden die Aspekte des expliziten Wissens beleuchtet, da diese leichter zu fassen sind.

Explizites Wissen kann vorliegen, wenn

- es dokumentierbar ist
- problemlos in Worte gefasst werden kann
- es transferiert werden kann

(vgl. Schneider 2004: 92).

Es liegt nahe, dass implizites Wissen nun genau das Gegenteil ist. Es wäre somit schlecht dokumentierbar, schwer in Worte zu fassen und könnte nicht transferiert werden. Diese Erkenntnis führt nach Schneider (ebd.: 93)

leider nicht bedeutend weiter. Daher wird im Folgenden versucht das implizite Wissen genauer aufzuschlüsseln. Schanz (2006: 12) schreibt, dass implizites Wissen an den Einzelnen gebunden ist und somit subjektive Qualitäten, die mit Erfahrungswerten einhergehen, vorzuweisen hat. Er (ebd.: 13) postuliert weiter, dass das implizite Wissen nicht in einer klassischen Lehreinrichtung erworben wird, sondern von persönlichen Erfahrungen abhängt und eine Art „Learning by doing“ ist. Die Ausprägung des impliziten Wissens steht in Verbindung mit den kontextabhängigen Lernvorgängen des Einzelnen und differiert daher bei jedem Einzelnen. Aus diesem Grund besteht auch die Schwierigkeit das implizite Wissen zu transferieren. Beispielsweise ist es ungenügend, auf eine Darstellung in einem Fachbuch zu verweisen, sondern der persönliche Zusammenhang, in dem das Wissen gelernt wurde, sollte aufgezeigt werden. Gerade in diesem Punkt besteht die Schwierigkeit des Erkennens, da sich die Zusammenhänge Anderen gegenüber kaum mitteilen lassen können. (Vgl. ebd.: 13). Zeuch (2004: 45) fügt diesem hinzu, dass sich der Einzelne über das implizite Wissen, welches er in sich trägt, nicht bewusst ist, da er es sowohl als selbstverständlich betrachtet als auch seine Entschlüsse intuitiv trifft. Nach Schneider (2004: 94) zählen intuitives Verstehen und Handeln zum Alltag vieler Menschen, wie beispielsweise das Fingerspitzengefühl oder die Entscheidung aus dem Bauch heraus. Bei diesen Beispielen wird jeweils die Art der Wissensherkunft nicht reflektiert.

„Es handelt sich bei der Intuition also um einen unbewusst verlaufenden Prozess, bei dem nur das Ergebnis / Produkt reflektiert und damit bewusst gemacht wird“ (Schanz 2006: 14).

Nach Schneider (2004: 94) ist implizites Wissen das Gegenteil von bewusstem Wissen. Dieses ist der nachfolgenden Tabelle 1 zu entnehmen. Schneider erklärt dies an dem Beispiel, wie ein Mensch eine Gestalt ansieht: Der Mensch nimmt zuerst die Gestalt als Ganzes wahr. Betrachtet der Mensch danach zusammenhanglos einzelne andere Aspekte der Gestalt, so sind sie nach der Meinung von Schneider (ebd.: 94) in Bezug zur Bedeutung, die sie erhalten, wenn sie implizit als Teil des Ganzen betrachtet werden, nebensächlich. Um dieses mit den Worten von Klappacher (2006: 36) zu beenden, findet bereits beim Sehen Wissen statt, wo-

bei einzelne Aspekte sinnvoll zusammengekettet werden.

Abschließend kann somit festgehalten werden, dass

„implizites Wissen (...) somit einen blinden Fleck unseres Wissens dar[stellt], der aber (...) notwendig ist, um neues Wissen zu erlangen“ (Schneider 2004: 94).

Kriterium	Explizites Wissen	Implizites Wissen
<i>Verbalisierbarkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Ja • Instruktiv vermittelbar 	<ul style="list-style-type: none"> • Nein • Nicht instruktiv vermittelbar
<i>Formalisierbarkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Ja 	<ul style="list-style-type: none"> • Nein
<i>Inhalte</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Vorwiegend deklaratives Wissen • Theoretische Beschreibungen von Prozeduren 	<ul style="list-style-type: none"> • Vorwiegend prozedurales Wissen • Deklaratives Wissen
<i>Struktur des Inhalts</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Logische, lineare Verknüpfungen, die Vergleiche mit der Situation eher über ein Identitätsprinzip ermöglichen 	<ul style="list-style-type: none"> • Ganzheitliche Vorstellungsbilder die über ein Ähnlichkeitsprinzip mentale Simulationen für Situationen mit einer Vielzahl einwirkender Variablen erlauben
<i>Sinnlichkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Beruht auf Wahrnehmung über einen Sinn 	<ul style="list-style-type: none"> • Beruht auf komplex-sinnlicher Wirkung
<i>Anwendungsgebiete</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Klar strukturierte Situationen ohne Zeitdruck 	<ul style="list-style-type: none"> • Chaotische unstrukturierte Situationen
<i>Entwicklungspsychologie</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Späte Entwicklung 	<ul style="list-style-type: none"> • Früh beginnend das ganze Leben über
<i>Lernmodi</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Durch explizites Lernen • Kann ohne direkten Kontakt zum Gegenstandsbereich erworben werden 	<ul style="list-style-type: none"> • Durch implizites Lernen • Durch explizites Lernen • Wird primär im direkten Umgang mit bestimmten Gegenstandsbereichen erworben
<i>Lernpraktiken</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Schullehren • (Selbst-) Studium 	<ul style="list-style-type: none"> • Modellernen • Training on the job • Learning by doing

Tabelle 1: Implizites vs. explizites Wissen (Erstellt durch Tecklenburg, S. nach Zeuch 2004: 44)

2.1.2.2 Implizites Wissen und dessen Fähigkeiten

An dieser Stelle sollen nun die Fähigkeiten des impliziten Wissens konkretisiert werden. Unter impliziten Wissen versteht Goldberg (1985: 18) ein

Depot an Wissen, welches fragmentarisch und nicht vor formuliert in jedem Geist inne wohnt. Neuweg (2004: 5) fasst dies weiter, indem er ausagt, dass alles was der Mensch ausdrückt, in eine Formulierung gekleidet wird, die bereits in einem präverbalen Zustand dem Menschen bewusst war, wie zum Beispiel regelgeleitetes Verhalten oder logisches Argumentieren. Neuweg (ebd.:5) stellt auch klar, dass das implizite Wissen im Nachhinein manchmal nicht artikuliert sondern nur demonstriert werden kann. Dies lässt sich an einem Beispiel von Schneider (2011: 90) zeigen:

„So erwarten wir von einem Radfahrer (...) nicht, dass er uns (...) beschreiben kann, wie er sein Gleichgewicht hält und so das Umfallen des Rades verhindert. [Wir erwarten, dass er es uns demonstrieren kann].“

So kommt Neuweg (2004: 5) zu der Aussage, dass der Mensch in vielen Situationen, in denen er handeln muss, den subjektiven Eindruck hat intuitiv zu handeln. Mit Reber (1993; z. n.: Schneider 2004: 90) kann diesem angefügt werden, dass der Mensch einen Sinn dafür hat, ob etwas richtig oder falsch ist und worin die an- oder unangemessene Reaktion besteht. Das Denken bei der Reaktion und im Wahrnehmungsprozess wird vom Einzelnen zwar nicht bewusst erlebt, es kann aber häufig ex post erklärt werden, was und wie der Einzelne gedacht und welches Wissen er angewandt hat (vgl. Goldberg 1985: 18 und Neuweg 2004: 5). Somit schließt das implizite Gedächtnis nach Schneider (2011: 91) alle Punkte ein,

„auf die wir im Moment nicht direkt achten, die aber dennoch als Einflussgrößen auf die Art und Weise wirken, in der das Objekt unserer Aufmerksamkeit unseren Sinnen erscheint“.

Abschließend lässt sich mit Klappacher (2006: 20) sagen, dass bisherige Erfahrungen und Entscheidungen aktuelle und zukünftige Entscheidungen implizit bestimmen.

2.1.2.3 Implizites Wissen als Grundlage der Intuition

Um die Intuition und das implizite Wissen in Verbindung zu setzen und zu erklären, soll nun an dieser Stelle ein Zitat aus dem Menon-Paradoxon von Platon (1994: 35) folgen, welches sich mit der Suche nach Wissen beschäftigt und womit der Zusammenhang der Intuition und des impliziten Wissens gezeigt werden kann. Vor über zweitausend Jahren hat Platon

(ebd.: 35) folgendes festgehalten:

„Wie kann ein Suchen von Neuem möglich sein? Entweder wissen wir schon, um was es sich handelt, oder wir wissen es nicht. In keinem der beiden Fällen ist das Suchen von Neuem möglich. Im ersten Fall nicht, weil wir es bereits wissen und darum nicht mehr zu suchen brauchen. Im zweiten Fall nicht, weil wir nicht wissen, wonach wir suchen und deswegen, selbst wenn wir zufällig etwas finden, nicht sagen können, ob das Gefundene auch das Gesuchte ist“.

Platons Lösung lautet demnach, dass alles Neue unter anderen das Lernen und Entdecken von Lösungen ein Wiedererkennen an Altem ist (vgl. Goldberg 1985: 189). Wird Platons Aussage vorausgesetzt, dass das Wissen explizit ist, kann das Menon-Paradoxon allerdings auch noch aus der Perspektive eines Problemlöse-Paradoxon betrachtet werden (vgl. Polanyi 1969: 138 ff.). Dies hat nach Klappacher (2006: 47) zur Folge, dass kein Problem erkannt werden kann, wenn das Wissen explizit wäre. Schneider (2004: 104) fügt diesem an, dass keine Erschließung neuen Wissens möglich sei und Probleme somit auch nicht gelöst werden könnten. Da Probleme dennoch vom Menschen gelöst werden können, kommt Schneider (ebd.: 104) zu dem Umkehrschluss, dass nicht das ganze Wissen explizit sein kann. Es entsteht zwischen den Zuständen des Wissens und des nicht Wissens ein dritter Zustand, nämlich der des impliziten Wissens. In dem dritten Zustand ist nach Klappacher (2006: 47) das Ahnen von Lösungen möglich. Mit Hilfe der Intuition ist es an dieser Stelle möglich implizites Wissen in den Lösungsprozess zu involvieren.

„Durch den Einsatz von Intuition kann ein tieferes Problemverständnis erlangt werden, da sie auf implizites Wissen zurückgreifen kann. Intuition ist eine integrale Kraft, die spontan auftritt und die man geschehen lassen muss“ (Schneider 2004: 105).

Intuition kann nach Polanyi (1969: 118) in allen Schritten eines Problemlöseprozesses auftreten und ist nach Klappacher (2006:83) eine Fähigkeit, die es dem Einzelnen in Aussicht stellt, zu einem richtigen Ergebnis zu gelangen. Dabei kann zwischen der antizipativen Intuition und der finalen Intuition entschieden werden. Die antizipative Intuition entsteht zu Beginn eines Problemlöseprozesses und setzt bei der Festlegung an, in welcher Art und Weise das Problem gelöst werden soll. Hierbei sendet die antizi-

pative Intuition lediglich ein vages Gefühl aus, ob sich der Lösungsansatz lohnen könnte oder eher nicht. Die finale Intuition wird durch bildliche Assoziationen ausgelöst. Sie tritt häufig auf, wenn sich der Einzelne nicht mehr fokal mit dem Problem beschäftigt. In dieser Situation wird dem Einzelnen ein Gedanke spontan bewusst und macht die Lösung des Problems sichtbar. (Vgl. Schneider 2004: 106).

2.1.3 Intuition und Anwendung von vorhandenem Wissen

Welche Rolle vorhandenes, über Jahre aufgebautes Wissen des Einzelnen bei der Anwendung von Intuition spielt, soll nun ergründet werden, da dieser Aspekt bei der späteren Untersuchung von Bedeutung sein könnte und ausschlaggebend dafür sein könnte, ob Intuition überhaupt beim Mathematischen Modellieren rekonstruiert werden kann.

Ein bedeutender Aspekt der Intuition ist nach Hayes (2010: 140), dass bisherige Erfahrungen oder Erkenntnisse durch die Intuition neu zusammengefügt werden und somit auf eine andere Art und Weise präsent werden. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass bei der Rekonstruktion von Intuition auch untersucht wird, welches Wissen bisher vorhanden war, womit bisheriges Wissen verknüpft wird, damit neue Erkenntnisse geschlossen werden können. Neues Wissen kann in diesem Fall nur entstehen, wenn bereits ein gutes Vorwissen auf dem jeweiligen Fachgebiet vorhanden ist (vgl. Duggan 2003: 15; z. n.: Schneider 2004: 116). Schneider (2004: 116) vertritt die folgenden Ansichten: Die Intuitionen erhöhen sich, wenn der Einzelne auf ein breites Fachwissen zurückgreifen kann. Je größer das Fachwissen ist, desto wahrscheinlicher ist es, dass die intuitiven Urteile des Einzelnen immer besser werden. Weiterhin postuliert er, dass es sich bei der Intuition um eine Errungenschaft handelt, die auf Interesse und intensiver Beschäftigung mit dem jeweiligen Thema beruht. Für Schneider (ebd.: 116) ist das Expertenwissen eine Voraussetzung für die Intuition, da Experten Geschehnisse und Dinge wahrnehmen können, die für einen Laien nicht zum Vorschein kommen. So kann zum Beispiel ein geübter Apfelesser problemlos verschiedene Apfelsorten heraus-schmecken. Einem Anfänger wird dieses nicht gelingen. Der Grund hierfür

liegt für Schneider (ebd.: 117) darin, dass das Erkennen von Apfelsorten kein Fakt ist und auch nicht ausdrücklich gelernt werden kann. Es spielen vielmehr die verschiedensten Erfahrungen, die beim Apfelessen gesammelt werden, eine wichtige Rolle. Schneider (ebd.: 117) ist der Meinung, dass diese Erfahrungen erlebt und nicht theoretisch gelernt werden können und sich daher zeigt, dass Expertenwissen überdimensional ist und keine regelgeleiteten Beschreibungen besitzt.

„Grund dafür liegt darin, dass (...) explizites Wissen regelgeleitet beschrieben werden kann, es sich bei Expertenwissen aber eigentlich um Können handelt, das neben der Wissensdimension weitere Dimensionen, wie praktische Fähigkeiten, Routinen und Erfahrungen beinhaltet, die sich eben nicht regelgeleitet beschreiben lassen“ (Schneider ebd.: 117).

Nach Simon (1989: 421) ist die Basis der Intuition die Nutzung von Erfahrungen, womit sich Wiederholungsmuster erkennen lassen. Wird das Muster vom Einzelnen erkannt, ergibt sich ihm auch das Gefühl Hinweise zu sehen, abzuschätzen, was sich erreichen lässt und welche Hürde als nächstes kommt.

„Da diese Muster oft versteckt sind, ist es nicht möglich zu beschreiben, aufgrund welcher Merkmale eine intuitive Entscheidung getroffen wurde“ (Schneider 2004: 121).

Klein (2001) beschreibt eine Reihe von Fallstudien in seinem Buch „Sources of power: How people make decisions“ bei denen er die Problemlösung von einzelnen Personen in verschiedenen Situationen auf intuitive und analytische Entscheidungen untersucht, wenn Zeit knapp ist. Seine Ergebnisse diesbezüglich sind in der nachfolgenden Tabelle 2 zu sehen.

Bedingung	Intuitive Entscheidung	Analytische Entscheidung
Hoher Zeitdruck	wahrscheinlich	
Viel Erfahrung	wahrscheinlich	
Dynamische Umgebung	wahrscheinlich	
Ungenau definierte Ziel	wahrscheinlich	
Hoher Rechtfertigungsdruck		wahrscheinlich
Konfliktlösung notwendig		wahrscheinlich
Optimierungsproblem		wahrscheinlich
Mathematisch anspruchsvoll		wahrscheinlich

Tabelle 2: Kriterien für intuitive oder analytische Entscheidungen (Erstellt durch Tecklenburg, S. nach Klein 2001: 95)

Es lässt sich somit festhalten, dass Personen, die über ein gut fundiertes Wissen und eine Menge an Erfahrungen verfügen, eher in der Lage sind Signale wahrzunehmen und bei einer Entscheidung zu berücksichtigen als Personen, die wenig Vorwissen und kaum Erfahrungen im jeweiligen Gebiet vorweisen können. (Vgl. Schneider 2004: 126 und Klein 2001: 101).

2.1.4 Intuition und Umsetzung

Inwiefern die Intuition bei der Lösung eines Problems umgesetzt wird, hat Traufetter (2008: 304f.) in einem Entscheidungsmodell mit intuitiven und analytischen Schritten dargestellt (siehe Tabelle 3). Nach einer simplen Problemskizze folgt eine intuitive Entscheidung. Nun wird das Problem analytisch betrachtet, indem die Ziele benannt und Handlungsmöglichkeiten dargestellt werden. Die aufgestellten Handlungsmöglichkeiten werden zum einen analytisch und zum anderen intuitiv bewertet, bevor die Entscheidung für eine passende Lösung intuitiv gefällt wird. Traufetter (ebd.: 304) empfiehlt die endgültige Entscheidung für eine Lösung zu vertagen, da somit der Intuition Zeit gegeben wird, sich mit der Lösungsmöglichkeit unterbewusst zu beschäftigen. Ziel ist es, das Problem und die Lösung zeitgleich zu betrachten und weiterzuentwickeln (vgl. Schneider 2004: 150).

Schritt	Frage	Aktion	Modus
1	Wie lautet das Entscheidungsproblem?	Problemskizze	Intuitiv und analytisch
2	Spontane Lösungseinfälle	Vorläufige intuitive Entscheidung	Intuitiv
3	Was soll erreicht werden?	Benennung der Ziele	Analytisch
4	Was gibt es für Lösungen?	Generierung von Handlungsmöglichkeiten	Analytisch
5	Wie zielführend sind die Lösungen?	Simulation der Konsequenzen der Handlungsmöglichkeiten. Erfahren und Lernen von Handlungs-Ziel-Kontingenzen	Analytisch und intuitiv
6	Auswählen der besten Lösung	Intuitive Entscheidung	intuitiv

Tabelle 3: Entscheidungsmodell mit rationalen und intuitiven Elementen (Erstellt durch Tecklenburg, S. nach Traufetter 2008: 305)

Hieraus folgt, dass die Intuition und der Verstand gemeinsam in die Problemlösung involviert sind. Traufetter (2004: 13) präzisiert, dass ein erfolgreicher Entscheider seine Erfahrungen, sein Wissen und deren Auswirkungen in den Entscheidungsprozess mit einfließen lässt. Denn bei solchen Entscheidungen hat der Einzelne meist Fakten und passende zum Problem angehörige Aspekte im Sinn, die in den meisten Fällen jedoch nicht zu einem klaren Ergebnis beitragen (vgl. Schneider 2004: 151). Hier rät Schneider (ebd.: 151) dem Einzelnen auf die Intuition zu hören, da

„durch eine analytisch-rationale Lösungsfindung das Ergebnis unweigerlich zugunsten der berücksichtigten Faktoren verzerrt würde, während die nicht berücksichtigten Faktoren untergehen würden“ (Schneider ebd.: 151).

2.2 Mathematisches Modellieren

Das Mathematische Modellieren wird an dieser Stelle kurz erklärt, um ein besseres Verständnis und einen Überblick des Modellierens bei der durchgeführten Untersuchung und deren Ergebnisse zu erhalten. Hierzu wird zuerst das Mathematische Modellieren erklärt, es werden die unterschiedlichen Modellierungsprozesse aufgezeigt und auf die Entwicklung von Modellierungsaufgaben eingegangen, da es unter anderem Bestandteil dieser Arbeit war, passende Modellierungsaufgaben für die untersu-

chende Altersgruppe selbst zu entwickeln. Ziel dieser ausführlichen Darstellung ist es, Verbindungen zwischen der möglichen Intuition und dem Mathematischen Modellieren festzustellen.

2.2.1 Begriffserklärung

Mathematisches Modellieren findet seinen Ursprung in dem Begriff des Modells. Ein Modell ist eine simple Vereinfachung der Realität, das

*„gewisse, einigermaßen objektivierbare Teilaspekte berücksichtigt“
(Hinrichs 2008:8).*

Da der Begriff Modell sehr offen ist, bietet sich sowohl die Möglichkeit ihn vielseitig zu verwenden. Ein Modell im Sinne der mathematischen Modellierung ist weit mehr als ein Anschauungsmodell, wie zum Beispiel ein Modell eines Zylinders. Als auch die Möglichkeit den Begriff des Modells in seiner Umsetzungsform zu variieren. So existieren Modelle, die vorhersagen, erklären und beschreiben - deskriptive Modelle - und Modelle, die vorschreiben - normative Modelle -. Deskriptive Modelle versuchen

„Aspekte aus der Realität unter bestimmten Blickrichtungen möglichst genau abzubilden“ (ebd. 2008: 9).

Wie diese Aspekte letztendlich abgebildet werden, hängt ganz von der Interpretation und Betrachtungsweise des Modellierers ab. In Bezug zum Mathematikunterricht bedeutet das, dass es keine richtigen oder falschen Modelle gibt. Es kann eher ein Unterschied unter Verwendung einer genauen Fragestellung zwischen angemessenen oder weniger angemessenen Modellen herausgearbeitet werden. Normative Modelle geben eine Vorgabe, wie gewisse Aspekte auszuführen sind.

Bezogen auf die Mathematikdidaktik wird der Begriff Modellieren allgemein als Bezeichnung für den Modellierungskreislauf verwendet, bei dem Schüler die Modellierung anwenden. Der in der aktuellen Forschung am häufigsten verwendete, ist der Modellierungskreislauf nach Blum und Leiß (2005). Er teilt sich in sieben Phasen, die von Schülern durchdacht werden müssen und in Form eines Kreislaufes dargestellt werden können (siehe Abbildung 8). Anhand dieses Kreislaufs durchläuft der Schüler bei der Bearbeitung einer Modellierungsaufgabe unterschiedliche kognitive

Hürden, die der Lehrkraft als strategische Hilfen bei der Lösung möglicher Schülerprobleme dienen.

Im Folgenden werden die einzelnen Phasen des Modellierungskreislaufs nach Blum & Leiß (2005) kurz erläutert:

- Konstruieren/ Verstehen: Die Aufgabe muss vom Schüler verstanden werden und nötige Informationen müssen entnommen werden. Ein Situationsmodell wird aufgestellt.
- Vereinfachen/ Strukturieren: Das Situationsmodell muss nun vom Schüler mathematisiert werden. Er muss versuchen geeignete Größen, Formen oder mathematische Ideen passend zur Aufgabe zu finden, um ein Realmodell zu entwickeln.
- Mathematisieren: Der Schüler muss nach mathematischen Formeln oder Vorschriften suchen und passend zur Aufgabe aufstellen oder benutzen.
- Mathematisch arbeiten: Der Schüler muss seine Aufgabe mathematisch lösen und zu einem mathematischen Resultat gelangen. Dazu muss er geeignete Werkzeuge finden und anwenden.
- Interpretieren: Das mathematische Resultat muss vom Schüler wieder auf die Realsituation bzw. das reale Modell bezogen werden. Er erhält somit ein reales Resultat.
- Validieren: Das reale Resultat soll nun vom Schüler überprüft bzw. bewertet werden. Hierbei soll der Schüler auch seine getroffenen Angaben noch einmal reflektieren. Desweiteren besteht die Möglichkeit unterschiedliche Modellierungen im Hinblick auf die Realsituation zu vergleichen und zu bewerten.
- Darlegen/ Erklären: Im letzten Schritt erklärt bzw. präsentiert der Schüler seine Vorgehensweise und stellt sein Ergebnis vor.

(Vgl. ebd. 2008: 8ff.).

Zusammenfassend kann nach Büchter und Leuders (2005) von Modellieren gesprochen werden,

„wenn Schüler die mathematische Beschreibung, das Modell und seine Annahmen, bewusst auswählen oder begründen und wenn sie anhand der Interpretation der Lösung die Gültigkeit, die Leistung oder die Grenzen des Modells bewerten“ (Büchter & Leuders 2005: 19).

2.2.2 Der Modellierungsprozess

Im Folgenden werden unterschiedliche Modellierungskreisläufe beschrieben, die von Borromeo-Ferri (2011: 14ff.) typisiert wurden. Eine historische Entwicklung spiegelt sich in der chronologischen Abfolge der Abbildungen wieder. Die Abbildungen beinhalten zum Teil folgende Abkürzungen: Reale Situation (RS), Situationsmodell (SM), Reales Modell (RM), Mathematisches Modell (MM) und Mentale Situations-Repräsentation (MSR).

Typ I: Der Modellierungskreislauf aus der angewandten Mathematik zeigt keinen zusätzlichen Part zwischen der Real Situation und dem Mathematischen Modell, wie die folgenden Kreisläufe. Dies wird in der Abbildung 1 gezeigt. Die fehlende Differenzierung wird von Borromeo-Ferri (2011: 15) darin begründet, dass hier die Problemsituation und dessen Strukturierung von den gegebenen mathematischen Werkzeugen bestimmt werden.

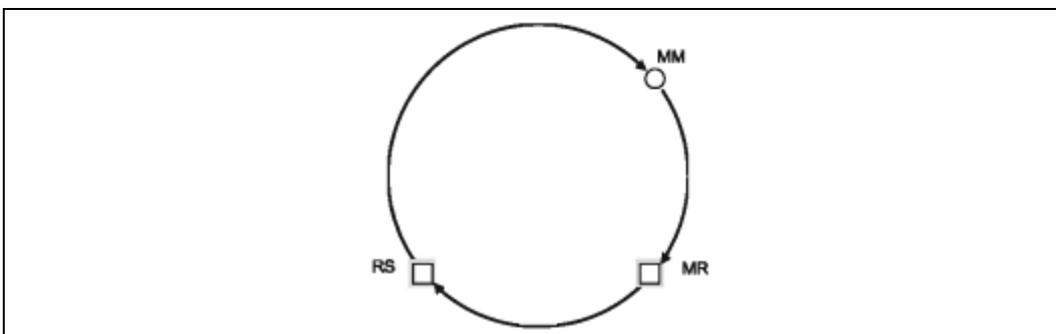


Abbildung 1: Modellierungskreislauf aus der angewandten Mathematik (Borromeo-Ferri 2011: 15)

Als erster Betrachter eines solchen Kreislaufes gilt Pollak (1979:233), der 1979 mathematisches Modellieren als Modell verstanden hat, die reale Welt besser zu verstehen.

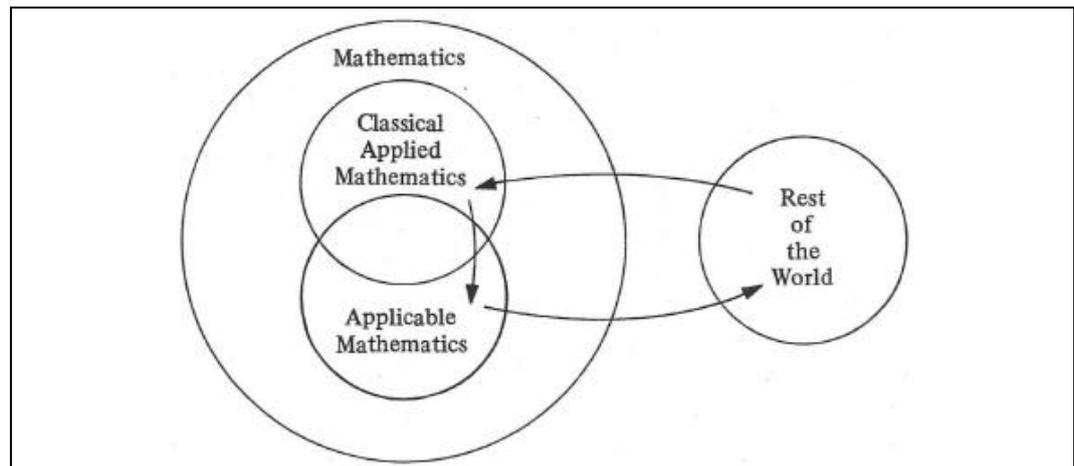


Abbildung 2: Modellierungskreislauf nach Pollak (1979: 233)

Ähnlich wie Ortlieb (et al. 2009: 4f.) verzahnt er die reale Welt mit der angewandten und anwendbaren Mathematik.

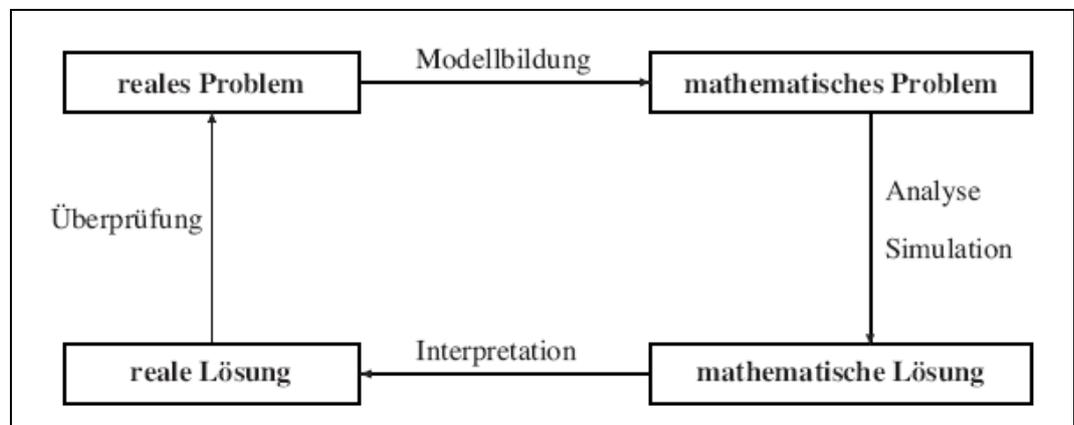


Abbildung 3: Modellierungsprozess nach Ortlieb (et al. 2009: 5)

Der Modellierungsprozess nach Ortlieb ist im Vergleich zu Pollaks vielschrittiger. Er unterteilt die reale Welt noch einmal explizit in Problem und Lösung, wodurch der Modellierer im letzten Schritt zu überprüfen hat, ob die gefundene Lösung für das reale Problem relevant ist (vgl. ebd.: 4).

Typ II: Der Modellierungskreislauf der Didaktik besteht aus einem vierstufigen Kreislauf. Er ähnelt sehr dem von Pollak und Ortlieb, wird allerdings durch die Real Situation ergänzt. Dieser Kreislauf ist in der Praxis gut umsetzbar, da er den Schülern als metakognitive Hilfe dienen kann.

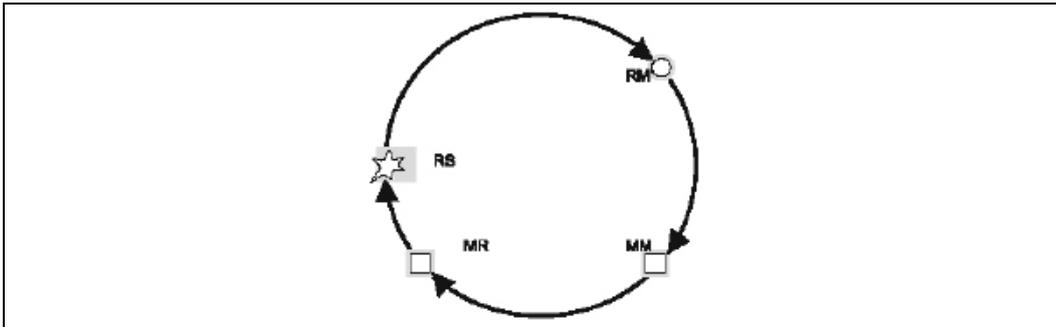


Abbildung 4: Didaktischer Modellierungskreislauf (Borromeo-Ferri 2011: 16)

Blum, der 1985 den folgenden Kreislauf entworfen hat, ist heute der Ansicht, dass der oben abgebildete Kreislauf in der Schule praktikabler ist, da er Lehrern die Möglichkeit gibt, das Situationsmodell als Diagnoseinstrument zu verwenden. Des Weiteren hält er ihn für Forschungszwecke am angemessensten. Maaß (2004) ist ebenfalls der Auffassung, dass Sekundarstufen Schüler den vierstufigen Kreislauf verwenden sollten. Kaiser jedoch hält den von Blum 1985 entworfenen Modellierungskreislauf für praktikabler und zieht zum Teil den Dreischrittigen, wie er in der nächsten Abbildung angedeutet wird, vor.

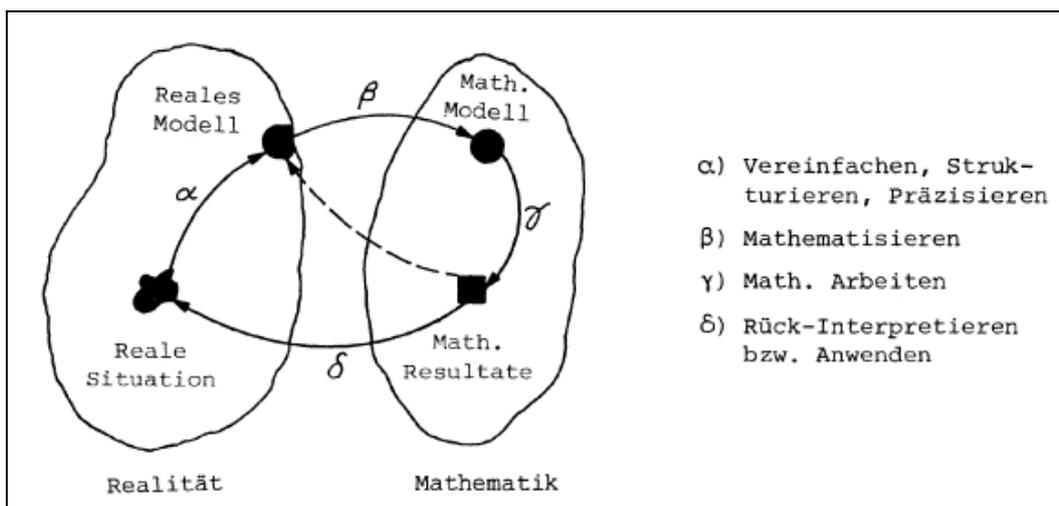


Abbildung 5: Modellierungsprozess nach Blum (1985: 200)

Typ III: Ist der Modellierungskreislauf als Basis für die Rekonstruktion des Situationsmodells bei der Bearbeitung von Textaufgaben. In der Abbildung 6 ist das Situationsmodell und das Realmmodell mit einem Plus versehen. Dies ist nach Kintsch & Greeno (zit. n.: Borromeo-Ferri 2011: 18) darin

begründet, dass bei der Bearbeitung einer Textaufgabe das Situationsmodell ein fester Bestandteil bei der Analyse ist. Dennoch wird bei der Bearbeitung einer Textaufgabe nicht zwischen dem Bilden des Situationsmodells und des realen Modells unterschieden. Blum & Nisch (zit. n.: ebd.: 18f.) sind der Meinung, dass in der Textaufgabe bereits ein reales Modell enthalten ist. Daher gehen die beiden von einem eingeschränkten Modellierungskreislauf aus, da die reale Situation schon vereinfacht ist und das reale Modell aus dem Situationsmodell folgt.

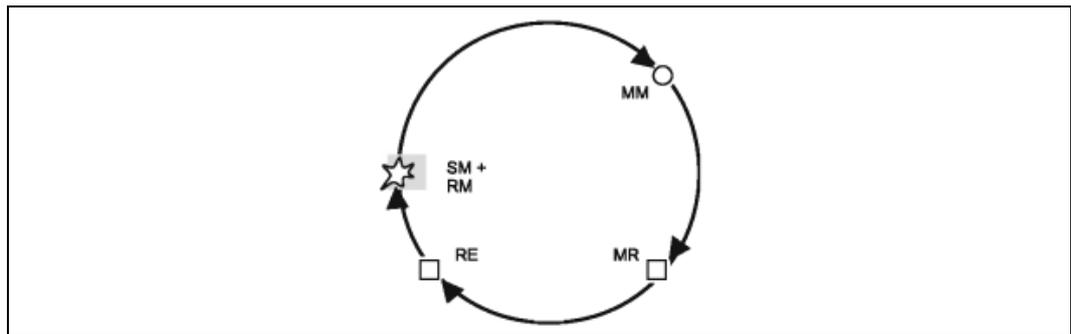


Abbildung 6: Modellierungskreislauf als Basis für die Rekonstruktion des Situationsmodells bei der Verwendung von Textaufgaben (Borromeo-Ferri 2011: 18)

Typ IV: Der diagnostische Modellierungskreislauf ist einer der neuesten Modelle. Hierbei wird das Situationsmodell in mentale Situations-Repräsentation unterschieden. In der nächsten Abbildung ist dies mit MSR/SM gekennzeichnet. Innerhalb dieser Phase werden die Aufgabenmerkmale (z.B. mathematische Struktur oder Semantik) und der intrapersonelle Aspekt (z.B. Vorwissen oder kognitive Leistungsfähigkeit) als Einflussfaktoren berücksichtigt. Damit der Schüler ein passendes Situationsmodell aufstellen kann,

„ so muss der Kern des Inhalts einer Aufgabe von beiden Seiten – den Aufgabenkonstruktoren und dem Individuum – im Verständnis nah beieinander liegen.“ (Borromeo-Ferri 2011: 20)

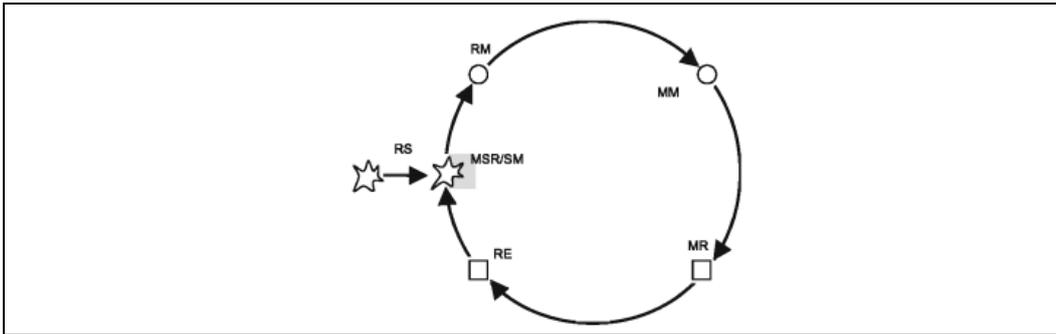


Abbildung 7: Diagnostischer Modellierungskreislauf (Borromeo-Ferri 2011: 20)

Blum hat zusammen mit Leiß (2005) das Situationsmodell in den Modellierungskreislauf integriert, wie es die Abbildung 8 zeigt. Borromeo-Ferri (2011: 20f.) führt aus, dass im DISUM-Projekt das Situationsmodell eine der bedeutsamsten Stationen im Modellierungskreislauf ist und sich hier zeigt, ob der Schüler die Aufgabenstellung verstanden hat.

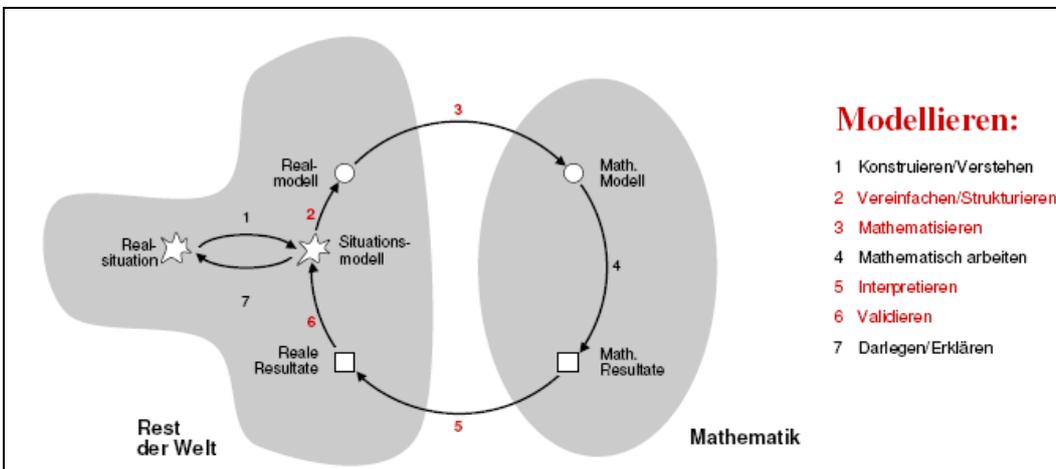


Abbildung 8: Modellierungskreislauf nach Blum/ Leiß (2005: 19)

Der Modellierungskreislauf nach Blum & Leiß (2005) dient zum einen der Analyse von Modellierungsprozessen und zum anderen zur Aufschlüsselung von Textaufgaben. Da der Kreislauf jedoch vielschrittig ist, verlangt er von den Schülern hohe Genauigkeit und Aufmerksamkeit; er ist keineswegs trivial. Seitens der Lehrperson wird hohes Interpretationsvermögen für die individuellen Schülerlösungen abverlangt. Dieser Modellierungskreislauf sollte eher in höheren Klassen der Sekundarstufe eingesetzt werden. Findet er Einsatz, so kann die Lehrperson hiermit allen voran kognitive Hürden beim Modellieren

diagnostizieren, da der Schwerpunkt des Modells im Übergang von Realsituation zu Situationsmodell liegen.

2.2.3 Entwicklung von Modellierungsaufgaben

In vielen Schulbüchern werden komplexe Sachkontexte angesprochen, die ihre Problemhaltigkeit verlieren, indem zu viele Fragen oder Informationen gegeben sind. Um daraus Modellierungsaufgaben zu entwickeln, ist es wichtig, dass die Aufgaben geöffnet werden. Beispielsweise können laut Maaß (2007: 22) Informationen oder Anleitungen weggelassen werden, reflektierende Teilaufgaben eingefügt werden, zu bestimmten Themen Aufgaben von den Schülern entwickelt lassen werden oder mathematische Aufsätze von den Schülern verlangt werden. Alternativ sollte die Umwelt aus dem Blickwinkel der Mathematik betrachtet werden, so Maaß, daraus ergeben sich von ganz alleine Modellierungsaufgaben. Daraus resultiert, dass kein eindeutiger Lösungsweg und auch keine eindeutige Lösung existieren. Die Lösungen werden durch die Öffnung der Aufgabe und auf welche Art sie von den Schülern bearbeitet werden sehr vielfältig.

2.3 Intuition und Mathematische Modellierung

Um nun einen Überblick über die Intuition in der Welt der Mathematik zu erhalten, werden zunächst mehrere Facetten des Begriffs nach Philip Davis und Reuben Hersh (1994: 413ff.) beschrieben und in Bezug zur individuellen Denkschule gesetzt. Danach werden neuere empirische Befunde aus den Bereichen des Problemlösens und der Modellierung dargestellt. Ziel dieser ausführlichen Darstellung ist es, Übereinstimmungen oder Abweichungen mit der vorliegenden Untersuchung festzustellen, da bisher wenig Erkenntnisse in der wissenschaftlichen Literatur hierzu zu finden sind. Ein weiterer Aspekt besteht zudem in einer ersten möglichen Interpretation der Hypothesengenerierungen.

Philip Davis und Reuben Hersh (ebd.: 413 ff.) postulieren, dass Intuition innerhalb der Mathematik nicht streng, aufgrund von Erfahrungen einleuchtend, überzeugend aber auch falsch oder zweifelhaft sein kann. Sie kann unvollständig und lückenhaft aber auch heuristisch und ganzheitlich

sein. Diese Facetten der Intuition sind laut J.D. Monk (1970: 703ff.; zit. n.: Risse 2006: 2) abhängig von der jeweiligen Denkschule, die dem Menschen zugeschrieben wird. Monk nennt drei Denkschulen, *die Platonisten*, *die Formalisten* und *die Konstruktivisten*. Die Platonisten

„entdecken ideale, zeitlos existierende mathematische Objekte“
(Risse 2006: 2),

die sie weder beweisen noch widerlegen können. Die Formalisten halten sich stets an Axiome und Ableitungsregeln und wenden diese konsequent an (vgl. hierzu auch Pambuccian 1992: 5f.). Bleiben die Konstruktivisten, für sie existiert nur, was finitistisch konstruiert werden kann.

Dies hat nach Monk (1970) zur Folge,

- dass die Intuition die Platonisten und die Mathematik verbindet,
- dass die Intuition Nicht-Formalisten zu mathematisch wahren Sätzen mittels mathematisch falscher Schlüsse leitet und
- dass die Intuition den Konstruktivisten die Mathematik gibt und der Rest selbst erzeugt wird.

Weitere Aspekte zwischen der Intuition und der Mathematik stellt Friedhelm Käpnick (2006: 3f.) auf, der die Intuition des Problemlösen mathematisch begabter Grundschulkindern untersucht hat. Seine Arbeitsdefinition zum Begriff der Mathematischen Intuition ähnelt den Auffassungen von Risse (2006) und Davis & Hersh (1994). Da er die Intuition speziell beim Problemlösen untersucht hat, kommt er zu folgenden vertiefenden Zusammenhängen: Mathematische Intuitionen basieren

„auf dem jeweiligen mathematischen Vorwissen und auf allgemeinen kognitiven Kompetenzen (...), sie sind nicht ausschließlich an Sprache gebunden, sondern werden auch durch im Unterbewusstsein subjektiv konstruierte komplexe „Bild- und Symbolwelten“ geprägt (...), sie können (...) den jeweiligen Stil wie auch die Lösungsqualität mitbestimmen und zwar als sinnlich-emotionales ganzheitlich-komplexes Erfassen einer Problemsituation [oder] als plötzliche (..) Eingebung einer Lösungsidee [oder] als (..) diffuse Darstellung, Erklärung (..) Begründung einer Problemlösung“ (ebd.: 3f.).

Auf der Grundlage seiner empirischen Untersuchungen vermutet Käpnick

(ebd.: 4), dass die Intuitionen subjektiv geprägt sind und es für Außenstehende schwierig ist, sie nachzuvollziehen und zu erkennen. Er beschreibt weiterhin, dass es für den Forschenden zuweilen diffizil sein kann, ob ein mathematisches Problem intuitiv gelöst wurde oder ob der Schüler sprachliche Defizite vorweist und daher keine für die Untersuchung von Bedeutung wichtigen verbalen Äußerungen und Erklärungen abgeben kann.

Borromeo Ferri und Lesh (2012: 3) beschreiben in ihrem Text „Should Interpretation Systems be Considered to be Models if They only Function Implicitly?“ Aspekte von impliziten Modellen („implicit models“) und deren Bedeutung für das Lehren und Lernen der Mathematischen Modellierung. Sie (ebd.: 3ff.) gehen speziell auf das Wesen von impliziten Modellen innerhalb der Modellierung, den Übergängen von impliziten zu expliziten Modellen, Situationen, in denen Modelle intuitiv funktionieren und auf über-kognitive Aspekte der Modellierung ein.

Innerhalb ihrer Forschung haben Borromeo Ferri und Lesh (ebd.: 3) festgestellt, dass im Situationsmodell des Mathematischen Modellierungskreislaufes Entscheidungen häufig ohne der Benutzung von expliziten, formalen oder bewussten Wissen getroffen werden. Somit schließen die Autoren (ebd.: 3), dass hier implizite Gedanken statt gefunden haben. Sie berichten weiter (ebd.: 3f.), dass es innerhalb des gesamten Modellierungskreislaufs Phasen gibt, in denen implizite Modelle auftauchen.

Implizite Modelle finden auf einer unbewussten Ebene und explizite Modelle finden auf einer bewussten Ebene statt (vgl. ebd.: 4). Unter dem Gesichtspunkt der kognitiven Entwicklungsperspektive könnten implizite Modelle für jüngere Kinder oder Jugendliche, die eine niedrige kognitive Entwicklung aufweisen, von Bedeutung sein, da diese Zielgruppen häufig intuitiv beziehungsweise implizit handeln (vgl. ebd.: 4). Die beiden Autoren stellen sich an dieser Stelle die Frage, womit der Übergang von impliziten Modellen zu expliziten Modellen gemessen werden kann und wie dieser sichtbar wird. Auch Hadamard (1945: 29ff.) hat versucht die Übergänge vom impliziten Wissen zum expliziten Wissen zu beschreiben, indem er

Mathematiker daraufhin befragt hat, wie sie zu neuen Ideen und Gedanken im Bereich der Mathematik kommen. Dabei ist Hadamard (1945: 24) besonders auf deren unbewusste Entstehung eingegangen. So beschreibt er eine Zwischenstufe des unbewussten Zustandes und des bewussten Zustandes:

„At a first glance, ideas are never in a more positively conscious state than when we express them in speaking. However, when I pronounce one sentence, where is the following one? Certainly not in the field of my consciousness, which is occupied by sentence number one; and nevertheless, I do think of it, and it is ready to appear the next instant, which cannot occur if I do not think of it unconsciously. But, in that case, we have to deal with an unconscious which is very superficial, quite near to consciousness and at its immediate disposal” (ibd.: 24).

Diesen Zustand nennt Hadamard (1945: 24) „Fringe-Consciousness“. Er (ibd.: 38f.) beschreibt weiter, dass die Zustände zwischen dem Bewusstsein und dem Fringe-Bewusstsein so eng beieinander liegen, dass es unmöglich zu sein scheint, diese beiden Bewusstseisebenen isoliert betrachten zu können. Borromeo Ferri und Lesh (2012: 4) vertreten die Meinung, dass dieses bei dem Übergang vom impliziten Wissen zum expliziten Wissen ebenfalls der Fall sein könnte.

In welchen Situationen die Intuition beim Modellieren vorkommt, reißen Borromeo Ferri und Lesh (2012: 5) nur knapp an: zum einen sind es Situationen, in denen sinnmachende Systeme schneller funktionieren als formales, analytisches oder bewusstes Denken und zum anderen sind es Situationen, in denen die Informationen, die erfasst werden müssen, die Rechenleistungen des Einzelnen übertreffen.

Über die über-kognitiven Aspekte beim Modellieren und dessen Lehrwert schreiben Borromeo Ferri und Lesh (ibd.: 6) folgendes:

Schüler bedienen sich beim Modellieren nicht nur logischen oder mathematischen Denkweisen sondern auch Gefühlen, Überzeugungen und anderen metakognitiven Attributen. Insbesondere die Überzeugungen sind ein wichtiger Einflussfaktor der Modellierung. Maaß (2004: 153ff.) hat in ihrer Studie festgestellt, dass sich die Überzeugungen von Jugendlichen

im Bereich der Mathematik verändern, wenn die Jugendlichen die Nützlichkeit der Mathematik erfahren. Dies schlägt sich nach Maaß (2004: 283ff.) in mehr Motivation für das Erlernen und Lernen der Mathematik aus. Borromeo Ferri und Lesh (2012: 6) folgern daraus, dass die Bereitschaft zum Mathematischen Modellieren durch die Förderung der metakognitiven Eigenschaften verbessert, indem:

Schüler die Vielfalt der Mathematik kennenlernen, womit sie in der Anwendung von Modellierungen flexibler werden und sie über Mathematik reflektieren und reden, wodurch der Modellierungsprozess zielgerichteter werden könnte. Dieses hätte zur Folge, dass die Schüler ihrer Intuition beim Modellieren vertrauen und

„interpretation systems could be function as implicit models with a match to a successful built mathematical model“ (Borromeo Ferri und Lesh 2012:6).

3 Methodologische und methodische Grundlagen

Dieser Teil der Arbeit widmet sich der Methodologie und der Methodik der Untersuchung. Zuerst wird der methodologische Ansatz der Untersuchung erklärt. Hierbei werden die zentralen Aspekte des methodologischen Ansatzes auf die zugrunde liegende Untersuchung bezogen, so dass am Ende ein eigenes Forschungsdesign entsteht, welches zugleich in seiner Handhabung begründet wird. In den beiden nächsten Kapiteln werden die Erhebungs- und Auswertungsmethoden näher betrachtet. Sie werden zunächst theoretisch beschrieben. Danach wird ihr Einsatz bei der Untersuchung dargelegt. Der Schluss dieses Kapitel setzt sich aus den Auswertungsmethoden zusammen.

3.1 Methodologischer Ansatz der Untersuchung

Die durchgeführte Untersuchung ordnet sich der qualitativen Forschung zu, die sich im Bereich der Mathematikdidaktik mittlerweile fest verankert hat. Zunächst wird eine Abgrenzung zwischen der qualitativen und der quantitativen Forschung aufgezeigt. Im weiteren Verlauf der Arbeit werden wesentliche Aspekte der qualitativen Forschung erörtert. Ein Bezug der methodologischen Grundlagen zur Untersuchung wird im direkten Anschluss der jeweiligen Aspekte dargestellt.

3.1.1 Grundlegendes zur empirischen Untersuchung

Die vorliegende Untersuchung bettet sich in die empirische Sozialforschung ein.

„Unter empirischer Sozialforschung wird allgemein eine Gesamtheit von Methoden, Techniken und Instrumenten zur wissenschaftlich korrekten Durchführung von Untersuchungen des menschlichen Verhaltens und weiterer sozialer Phänomene verstanden.“ (Häder 2006: 20)

Die Sozialforschung unterscheidet hierbei zwischen qualitativen und quantitativen Verfahren, die das Vorgehen bei einer empirischen Untersuchung beschreiben.

Nach Bortz & Döring (2006: 296) umfasst die qualitative Sozialforschung soziologische und erziehungswissenschaftliche Ansätze, die sich der sozialen Realität mit unstrukturierten Beobachtungen und offenen Befragungen in natürlichen, alltäglichen Situationen annähert. Die qualitative Sozialforschung verwendet sowohl keine standardisierten Methoden der Datenerhebung als auch interpretative Methoden zur Datenauswertung (vgl. ebd.: 296).

Die quantitative Sozialforschung misst im Vergleich zur qualitativen Sozialforschung zählbare Eigenschaften. Hierbei wird der Frage, wie die zu erhebenden Merkmale operationalisiert beziehungsweise quantifiziert werden sollen, nachgegangen. Geläufige Methoden der Datenerhebung in der Human- und Sozialwissenschaft sind das Zählen, Testen, Befragen, Beobachten und Urteilen. Eine empirische Untersuchung erfordert meistens eine Kombination mehrerer Erhebungsarten. Diese können zum einen als hypothesenerkundende und zum anderen als hypothesenprüfende Untersuchungen vorliegen (vgl. ebd.: 137ff.).

3.1.2 Theoriebildung und Verallgemeinerung

Ziel dieser Untersuchung ist es, eine Hypothese, also eine theoretische Aussage, die Zusammenhänge erklärt, zu generalisieren. Dazu werden Zusammenhänge mittels Einzelfallbeschreibungen aufgeklärt, um dann zu einer Generalisierung zu gelangen. Nachdem kurz die Begriffe Theorie und Verallgemeinerung definiert werden, wird im Folgenden die Verallgemeinerung innerhalb der qualitativen Forschung an Hand der *Grounded Theory* erörtert, da meine Datenauswertung auf diesem Vorgehen beruht.

Der Begriff Theorie lässt sich durch Maier und Beck (2001: 43) wie folgt definieren:

„Eine Theorie ist eine gedankliche Konzeption, mit der ein (...) Wirklichkeitsbereich einheitlich und systematisch beschrieben oder umfassend und differenziert verstanden wird.“

Beck und Jungwirth (1999: 242) beschreiben die Verallgemeinerung in der qualitativen Forschung damit, dass

„Das Allgemeine ist angelegt in den theoretisch-begrifflichen Rekonstruktionen des Geschehens (...) Die Darstellung des jeweiligen Geschehens versteht sich zugleich als Darstellung einer Grundform, die sich in diversen konkreten Fällen realisieren kann, und dies in den analysierten getan hat.“

Die Grounded Theory ist nach Maier und Beck (ebd.: 33) der methodologische Ansatz, der den Anspruch auf Verallgemeinerung innerhalb der qualitativen Forschung am deutlichsten verkörpert. Ziel dieser Theorie ist es, wie oben angedeutet, eine neue Theorie zu entwickeln beziehungsweise Hypothesen zu generieren. Dies passiert auf der Basis von erhobenen Daten. Die Theorie beruht auf drei wesentliche Aspekte, die nun vorgestellt werden:

1. *Enge Verknüpfung der Datenerhebung mit der Auswertung*

Hypothesen werden auf der Grundlage einer sofortigen Analyse der erhobenen Daten formuliert und mittels neuer Erhebungen überprüft (vgl. Hildenbrand 2002: 36). Dieses Verfahren wird theoretisches Sampling genannt (vgl. 2.1.5).

2. Prinzip der Offenheit

„Das Prinzip der Offenheit besagt, daß die theoretische Strukturierung des Forschungsgegenstandes zurückgestellt wird, bis sich die Strukturierung des Forschungsgegenstandes durch die Forschungssubjekte herausgebildet hat“ (Flick 2000: 57).

Somit sollen theoretische Annahmen seitens des Forschers nicht mit an das Forschungsfeld herangetragen werden, sondern durch eine Auseinandersetzung mit dem Forschungsfeld entwickelt beziehungsweise entdeckt werden (vgl. ebd.: 57).

3. Theoretisches Kodieren

Kodieren besagt in diesem Fall, dass Daten gesplittet, neu geordnet und auf neue Weise zusammengesetzt werden. Ziel ist es auf diese Art eine Theoriebildung zu erreichen (vgl. Flick 2000: 197ff.). Strauss und Corbin (1996: 46) postulieren, dass keine einzelnen Fallanalysen bei der Analyse der Daten erstellt werden und im Anschluss verglichen werden sollen, sondern der Vergleich schon bei der Analyse der Einzelfälle stattfinden soll.

3.1.3 Gütekriterien

Damit die Qualität einer qualitativen Untersuchung zu bestimmen und zu überprüfen ist, existieren sogenannte Gütekriterien. Hierunter fallen gewisse Kriterien mit denen die Wissenschaftlichkeit, Güte und Geltung der Untersuchung bewertet werden kann (vgl. Steinke 2002: 319ff.). Diese schwanken in der aktuellen Literatur in einzelnen Positionen; stimmen in den wesentlichen Merkmalen jedoch überein (vgl. Flick 2000: 239ff.).

Die üblichen Begriffe Objektivität, Reliabilität und Validität werden daher nicht erwähnt, weil sie in der Literatur unterschiedlich definiert sind. So wird zum Beispiel Reliabilität mit Zuverlässigkeit oder Vorhersagbarkeit gleichgesetzt. Dieser Verzicht lässt den folgenden Kriterien die Möglichkeit ihr eigenes Profil zu bilden. Für die vorliegende Arbeit wird sich an den Kriterien von Steinke (2002: 324 ff.) gehalten:

1. Intersubjektive Nachvollziehbarkeit: ausführliche Dokumentation der Untersuchung
2. Indikation des Forschungsprozesses: Angemessenheit des gesamten Untersuchungsprozesses unter Einbezug der Methoden, die zur Beantwortung der Fragestellung dienen
3. Empirische Verankerung aller Ergebnisse mittels vorliegender Daten
4. Limitation: meint die Verallgemeinerbarkeit einer im Untersuchungsprozess entwickelten Theorie herauszufiltern und zu prüfen
5. Kohärenz: Überprüfung der Konsistenz seitens der Theorie und dem Handling mit Widersprüchen
6. Relevanz: Klärung der Relevanz für die Wissenschaft
7. Reflektierte Subjektivität: Reflexion über die Rolle der Forscherin.

3.1.4 Laborstudie

Die geplante Untersuchung wird als Laborstudie angelegt sein. Die Untersuchung findet in einem separaten Raum im Schulgebäude statt. Im Ge-

gensatz zu der Feldstudie, bei der in der natürlichen Umgebung der Lernenden geforscht wird. Somit handelt es sich bei der vorliegenden Untersuchung um eine Forschung, die die Kontrolle von möglichen Störfaktoren, höhere interne Validität, leichteres Messen von Variablen mittels Videokamera und Selektionseffekte bei den Lernenden zulässt.

(Vgl. Häder 2006: 301f.).

3.1.5 Sampling-Strategien

Die Stichprobenauswahl innerhalb der qualitativen Forschung beruft sich auf die Relevanz der ausgewählten Fälle, da komplexeren Fragen im Vergleich zur quantitativen Forschung nachgegangen wird und nicht die Repräsentativität der Grundgesamtheit, sondern die Relevanz der ausgewählten Fälle von Bedeutung ist. Somit sollte sichergestellt werden, dass alle für die Untersuchung von Bedeutung wichtigen Fälle betrachtet werden. Da allerdings bei der qualitativen Forschung die Stichprobengröße gering ausfällt, erfolgt nach Flick (2000: 78f.) eine gezielte Fallauswahl gemäß der Relevanz. Hierzu nennt Flick (ebd.: 79) zwei mögliche Vorgehensweisen: Die erste Möglichkeit besteht darin, dass bereits während der Erhebungsphase eine Auswahl jeweils nach der Interpretation der erhobenen Daten stattfindet. Die Zweite besteht darin, dass die Auswahl nach bestimmten Kriterien vor der Erhebung und Interpretation der Daten stattfindet.

Findet die Auswahl des Datenmaterials schrittweise während der Erhebungsphase statt, so wird von *theoretischem Sampling* gesprochen. Flick (ebd.: 87f.) und Merrens (2002: 291f.) plädieren, dass die Fälle vielfältig erfasst werden, damit so der schon oben erwähnten Relevanz Rechnung getragen wird. Hierzu hat Flick (ebd.: 87f.) eine Vielzahl von Kriterien zusammengestellt, die bei der Fallauswahl mit zu beachten sind. Die für diese Untersuchung von starker Bedeutung werden nun aufgezählt:

1. Einbezug von Extremfällen oder abweichenden Fällen
2. Auswahl von für die Untersuchung typischen Fällen
3. Schaffung einer maximalen Variation

4. Auswahl von für die Untersuchung intensivsten Fällen.

Wird die Auswahl des Datenmaterials schon vor der Auswertung festgelegt, so wird von *statistischem Sampling* gesprochen. Das statistische Sampling beschreibt Flick (2000: 83) wie folgt: In diesem Fall ist der Umfang der zu untersuchenden Fälle vorher bekannt und die Merkmalsverteilung ist abschätzbar. Die Ziehung der Fälle erfolgt nach einem festen Plan und die Stichprobengröße wurde im Vorfeld definiert. Das Sampling ist dann beendet, wenn die Grundgesamtheit untersucht wurde. Kelle und Kluge (1999: 47ff.) bezeichnen diese Art des Samplings auch als *selektives Sampling*. Sie führen aus, dass das selektive Sampling häufig genutzt wird, wenn die Forschenden vorab Kenntnisse über entscheidende Einflussfaktoren haben und vor Beginn der Erhebung relevante Fälle auswählen möchten.

Generell lässt sich sagen, dass

„Entscheidend für die Wahl einer der skizzierten Strategien der Auswahl und für den Erfolg der Zusammenstellung des Samples insgesamt ist die Reichhaltigkeit an relevanten Informationen. Dabei bewegen sich Auswahlentscheidungen immer zwischen den Zielen, ein Feld möglichst breit zu erfassen oder möglichst tiefgründige Analysen durchzuführen“ (Flick 2000: 89).

Hierbei

„muss eine Vorstellung über den Fall vorliegen, der untersucht werden soll, und zweitens müssen nachvollziehbare Techniken bei der Ziehung der Stichproben von Personen, Ereignissen oder Aktivitäten dokumentiert werden“ (Merkens 1999: 290).

3.1.6 Design der Untersuchung

Das Sample der Untersuchung setzt sich aus Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe neun mit gemischtem Leistungsniveau zusammen. Diese Jahrgangsstufe wurde so ausgewählt, dass Modellierungsaufgaben und Fragestellungen, die explizit auf die Intuition abzielen, möglich sind und von den Lernenden verstanden werden. Der hierzu entwickelte Fragebogen zu der Aufgabenbearbeitung und den Denkweisen der Lernenden wurde ebenfalls für das Leistungsniveau der Schüler und Schülerinnen konzipiert und findet in dieser Untersuchung seine Verwendung. Da

es sich um eine Laborstudie handelt, werden alle Aufgabenbearbeitungen und Interviews in einem extra Raum im Schulgebäude vorgenommen.

Insgesamt nahmen zwölf Schülerinnen und Schüler aus einer neunten Klasse an der Untersuchung teil. Die Lernenden wurden willkürlich zu Paaren zusammengesetzt, so dass am Ende sechs Paare existierten. In der ersten Erhebungsphase wurde jedes Paar bei der Bearbeitung der ersten Aufgabe mittels Videokamera in dem separaten Raum gefilmt. Im Anschluss der Aufgabe wurde der Fragebogen von den Schülern ausgefüllt. Danach wurde jeder Schüler interviewt, wodurch ein nachträglich lautes Denken festgehalten werden konnte. Im zweiten Durchgang erhielten die gleichen Paare eine weitere Modellierungsaufgabe, welche sie auch bearbeiten sollten. Auch hier wurden die Schüler bei der Bearbeitung gefilmt, der Fragebogen kam zum Einsatz und die Lernenden wurden später interviewt, wodurch ein nachträglich lautes Denken festgehalten werden konnte. Somit konnten zwölf Ergebnisse von zwei bearbeiteten Modellierungsaufgaben für die Analyse und den Prozess zur Rekonstruktion der Intuition berücksichtigt werden.

3.2 Erhebungsmethoden

Im weiteren Verlauf werden nun Methoden beschrieben, die in der vorliegenden Untersuchung ihre Verwendung finden. Für die Auswahl der Erhebungsmethoden wurden im Vorfeld der Untersuchung Überlegungen getroffen, wie die Methoden auszusehen haben und was mit ihnen bezweckt werden soll. Diese Überlegungen sehen wie folgt aus:

1. Die Methoden müssen geeignet sein, um subjektive Vorstellungen und Vorgehensweisen der Lernenden und ihre Denkweisen zu erheben.
2. Laut den beschriebenen methodologischen Vorgaben müssen die Erhebungsmethoden ein offenes Herantreten an die Untersuchung ermöglichen.
3. Die Erhebung der Daten muss im Labor mit den gegebenen Mitteln

realisierbar sein.

Effektiv für ein reflektiertes Handling im Umgang mit technischen Mitteln ist gemäß Flick (1995: 161), dass der Forscher nur soviel aufzeichnen sollte,

„wie er zur Beantwortung seiner Fragestellung unbedingt braucht. Er sollte nur so viel an technischem Aufwand in der Erhebungssituation betreiben, wie von seinem theoretischen Interesse her unbedingt notwendig erscheint.“ (Ebd.: 161).

Da die Untersuchung auf die Erkennung eines intuitiven Verhaltens abzielt, wurde im Labor jedes Paar bei der Bearbeitung der Aufgaben gefilmt, um mögliches lautes Denken festzuhalten. Damit die subjektiven Sichtweisen und Vorgehensweisen der Lernenden erhoben werden können, wurde das Einzelinterview, welches im Folgenden näher erläutert wird, im direkten Anschluss an die Aufgabenbearbeitung eingesetzt. Um vielschichtige Erkenntnisse zu sammeln, wurde ein Fragebogen, dessen theoretischer Zweck ebenfalls gleich erklärt wird, hinzugezogen.

3.2.1 Interviews

In der qualitativen Forschung wird nach Flick (2000: 94) zur Erhebung von subjektiven Sichtweisen das Leitfaden-Interview als zentrales Interview eingesetzt. Hierbei hält sich der Interviewende an einen Leitfaden, der vorher festgelegte Aspekte abdeckt. Dies hat zur Folge,

„dass in der relativ offenen Gestaltung der Interviewsituation die Sichtweisen des befragten Subjekts eher zur Geltung kommen als in standardisierten Interviews“ (Flick ebd.: 94).

Flick (ebd.: 94ff.) postuliert weiterhin, dass zur Erhebung subjektiver Sichtweisen in der qualitativen Forschung besonders das fokussierte Interview sowie das halbstandardisierte Interview als Unterarten des Leitfaden-Interviews zum Einsatz kommen. Für die vorliegende Untersuchung kommt insbesondere das fokussierte Interview zum Einsatz, daher wird dieses im Anschluss kurz erläutert. Auf das halbstandardisierte Interview wird nicht näher eingegangen, da es in der Untersuchung keine Verwendung findet.

Das *fokussierte Interview* untersucht nach Vorgabe eines einheitlichen

Reizes (in diesem Fall: die Modellierungsaufgaben) mittels vorab festgelegten Leitfadens dessen Wirkung auf die Interviewten (vgl. Flick ebd.: 94). Die Durchführung des Interviews soll vier Kriterien genügen, die bei Flick (vgl. Flick ebd.: 95ff.) nachzulesen sind:

1. Nichtbeeinflussung: Hierbei

„werden zunächst unstrukturierte Fragen gestellt, und die zunehmende Strukturierung wird erst im Verlauf des Interviews eingeführt, um zu verhindern, daß der Bezugsrahmen des Interviewers gegenüber der Sichtweise des Befragten durchgesetzt wird“ (Flick ebd.: 95).

Von Bedeutung ist zudem, dass der Leitfaden flexibel gehandelt wird.

2. Spezifität: Der Interviewer soll konkrete Aspekte, die bedeutsam für das befragte Subjekt sind, herausarbeiten.

3. Erfassung eines breiten Spektrums: Alle relevanten Aspekte und Themen, die für die Fragestellung von Bedeutung sind, sollen während des Interviews angesprochen werden.

4. Tiefgründigkeit und personaler Bezugsrahmen: Der Interviewer soll

„ein Höchstmaß an selbstenthüllenden Kommentaren des Informanten“ (Flick ebd.: 96)

erhalten.

Die durch das Interview gewonnenen verbalen Daten müssen nach der Aufnahme transkribiert werden. Mit Hilfe der *Transkription* ist eine dauerhaft nachvollziehbare Aufbereitung und möglichst komplette Rekonstruktion der Daten möglich (vgl. Häder 2006: 401). Um übersichtliche Transkripte zu entwickeln empfehlen Häder (ebd.: 401) und Flick (2000: 192) die Merkmale zu transkribieren, die auch später analysiert werden sollen und für die Untersuchung von Bedeutung sind. Für die Verschriftung existieren verschiedene Systeme. Welche Art der Verschriftung angewandt werden soll, liegt allein im Interesse des Forschers und hängt vom Ziel der Analyse ab (vgl. Häder ebd.: 401). So besteht nach Häder (ebd.: 401) die Möglichkeit, nicht nur gesprochenen Text zu fixieren, sondern auch andere Merkmale, wie zum Beispiel Lachen, Pausen oder heben/ senken der Stimme, zu erfassen.

Für die vorliegende Untersuchung wurden in Anlehnung an Häder und Flick nur die Merkmale transkribiert, die auch für die spätere Analyse und Datenauswertung relevant waren.

Fragen für das Interview

1. Beschreibe, wie du vorgegangen bist!
2. Wie bist du auf Ideen/ Strategien/ Gedanken/ Lösungen gekommen?
3. Was hast du in einzelnen Schritten gedacht?
4. War das bewusst oder unbewusst?
5. Kannst du diesem einen Namen geben?
6. Wenn du etwas unbewusst getan hast, an welcher Stelle des Modellierungskreislaufes war das?

3.2.2 Fragebogen

Um der Qualität der Forschungsergebnisse mehr Ausdruck zu verleihen, kam neben dem Interview noch ein Fragebogen zum Einsatz. Nach Maier (2000: 13) erfasst die schriftliche Befragung eine andere Qualität der Äußerungen als zum Beispiel ein Interview. Es verleiht

„dem Denken einen besser fassbaren Ausdruck als das Sprechen, da es eine genauere Darstellung der Ideen verlangt (...). Das selbstständige Formulieren von Geschriebenem verlangsamt den Prozess der sprachlichen Äußerung und lässt den Schülerinnen und Schülern Zeit (...) ihre Gedanken zu sammeln und (...) darzustellen.“ (Maier ebd.: 13)

Fragebogen zur mathematischen Intuition

1. Begründe welche Note du dir selbst in Mathematik geben würdest?
2. Hast du schon ähnliche Aufgaben gerechnet?
3. War die Aufgabe eher leicht oder schwer für dich?
4. Wie bist du zu einem Lösungsansatz gekommen?
5. Woran hast du bei den einzelnen Schritten des Modellierungskreislaufes gedacht?
6. Was hat dir gesagt, dass du auf dem richtigen/ falschen Weg bist?

7. Woher wusstest du, dass du mit der Aufgabe fertig bist?
8. Was hat dir gesagt, dass deine Lösung richtig/ falsch sein kann?
9. Vertraust du deiner Lösung oder deinen Ideen?
10. Womit hast du die Aufgabe gelöst? Hast du eher Formeln oder deine Gedanken umgesetzt?

3.2.3 Modellierungsaufgaben – Stoffdidaktische Analyse

Die von mir entwickelten Modellierungsaufgaben stellen den Kern der Untersuchung dar. Anhand derer soll die Intuition der Lernenden rekonstruiert werden.

Jeder Lernende hat bereits im Vorfeld mit Modellierungsaufgaben gearbeitet und hat diese schon einmal in den Modellierungskreislauf nach Blum/Leiß (Kapitel 2.2.2: Abbildung 8) eingeordnet. Dieser Modellierungskreislauf wurde explizit zur Erhebung der Daten ausgewählt, da er vielschrittig ist und die Lernenden dadurch mehrere Schritte dokumentieren müssen, welches die Rekonstruktion der Intuition in den einzelnen Schritten leichter ermöglichen lassen soll. Somit handelt es sich letztendlich nicht um völlig unerfahrene Modellierer, allerdings lässt sich auch anmerken, dass ihr Unterrichtsalltag nicht nur aus Modellierungsaufgaben besteht und sie auch keine trainierten Modellierer sind. Die Lernenden befinden sich daher in einem gesunden Mittelfeld, was für die Untersuchung günstig ist.

Für die Aufgabenauswahl entscheidend war zum einen der Bezug zum hessischen Rahmenlehrplan der Klasse neun und zum anderen eine mathematisch nicht zu komplexe Aufgabe. Demnach konnte sowohl auf den aktuellen Unterrichtsstoff zurückgegriffen, als auch die Motivation der Lernenden aufrecht gehalten werden. Wie bereits oben erwähnt, löste jedes Paar aus zwei Lernenden zwei Modellierungsaufgaben in einem Abstand von zwei Tagen. Hierfür stand jedem Paar eine Einzelstunde zur Verfügung.

In diesem Abschnitt der Arbeit werden nun die zwei Aufgaben ausführlich samt stoffdidaktischer Analyse vorgestellt. Das Aufzeigen der Aufgaben

entspricht auch der zeitlichen Reihenfolge der Untersuchung. Die Analyse dient per se dazu, die Prozesse der Lernenden zu verstehen und nachzuvollziehen und wird daher so ausführlich behandelt. Da es sich bei der Untersuchung um Lernende aus dem mittleren Leistungsniveau handelt, wird der jeweilige Lösungsweg nicht zu komplex dargestellt und bearbeitet, sondern an einigen Stellen sehr stark vereinfacht aufgezeigt.

3.2.3.1 Stoffdidaktische Analyse der Bonbon-Aufgabe

Bei dieser Aufgabe ist gefragt, wie viele Bonbons ungefähr in das abgebildete Glas hineinpassen.

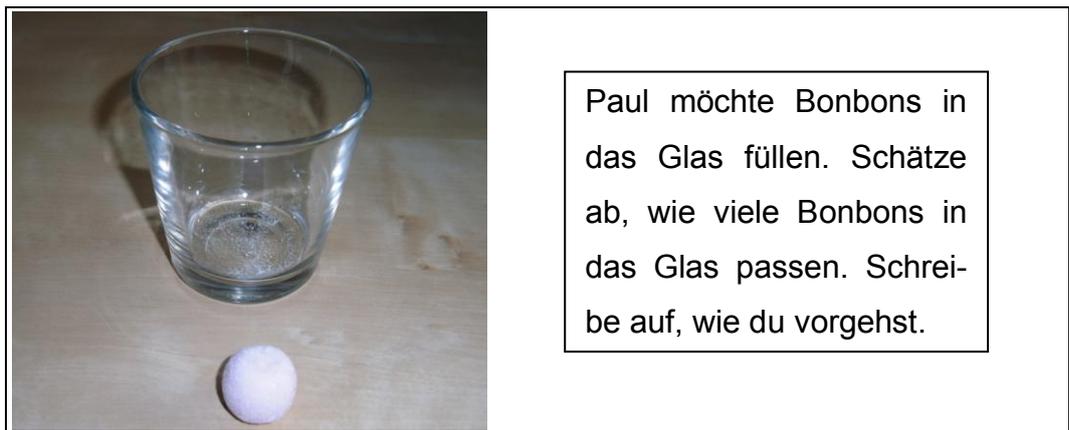


Abbildung 9: Aufgabe Nr. 1: Bonbons

Realsituation

Die auf der Abbildung 9 dargestellte Situation ist zugleich auch die Realsituation.

Situationsmodell

Das Situationsmodell setzt sich aus einer Skizze zusammen, die die Lernenden aus der Realsituation aus anfertigen.

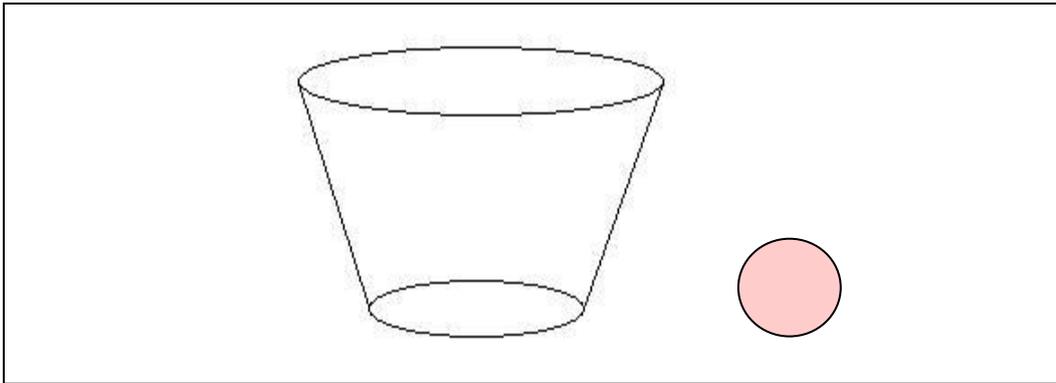


Abbildung 10: Skizze des Glases und der Kugel

Reales Modell

Innerhalb des realen Modells wird nun der Skizze, die die Lernenden angefertigt haben, Maße beigefügt. Hierbei müssen die Lernenden Annahmen treffen, dies kann durch Überlegen, Abschätzen oder intuitives Wissen geschehen. Die Untersuchungsleiterin hat folgende Maße zu Grunde gelegt: Das Glas ist 6 cm hoch und hat einen unteren Durchmesser von 4,5 cm und einen oberen Durchmesser von 7,5 cm. Das Bonbon hat die Form einer Kugel und einen Durchmesser von etwa 2,5 cm.

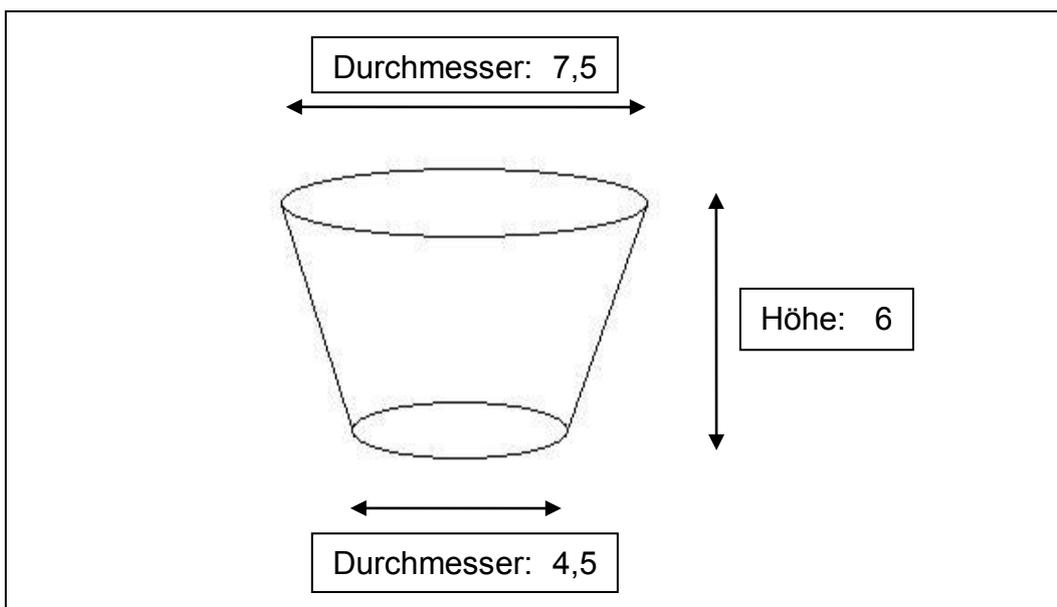


Abbildung 11: Realmodell des Glases

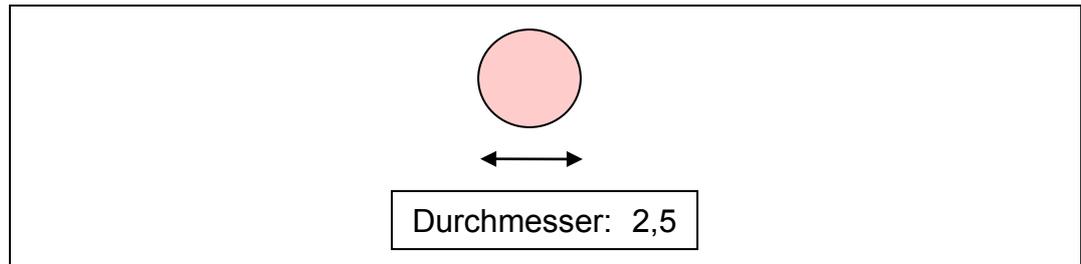


Abbildung 12: Realmodell des Bonbons

Mathematisches Modell

Im mathematischen Modell wird das reale Modell mathematisiert. Daraus folgt, dass es sich bei dem Glas um einen Kegelstumpf und bei dem Bonbon um eine Kugel handelt. Um beide Volumina zu errechnen, wird die Formel des Kegelstumpfes und der Kugel benötigt. Die Volumenformeln des Kegelstumpfes und des Kreises lauten:

$$V_{\text{Kegelstumpf}} = \frac{1}{3} \pi \cdot h (r_1^2 + r_1 \cdot r_2 + r_2^2)$$

$$V_{\text{Kugel}} = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3$$

Um zu erfahren, wie viele Bonbons in das Glas passen, müssen die Formeln noch dividiert werden:

$$V_{\text{Kegelstumpf}} \div V_{\text{Kugel}} = \text{Anzahl der Bonbons}$$

$$\frac{1}{3} \pi \cdot h (r_1^2 + r_1 \cdot r_2 + r_2^2) \div \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 = \text{Anzahl der Bonbons}$$

Mathematisches Resultat

Um ein mathematisches Resultat zu erhalten, werden nun die angenommenen Werte in die Formeln eingesetzt und die Volumina errechnet:

$$V_{\text{Kegelstumpf}} = \frac{1}{3} \pi \cdot 6 (2,25^2 + 2,25 \cdot 3,75 + 3,75^2) = 173,18$$

$$V_{\text{Kugel}} = \frac{4}{3} \pi \cdot 1,25^3 = 8,18$$

$$V_{\text{Kegelstumpf}} \div V_{\text{Kugel}} = 173,18 \div 8,18 = 21,17$$

Das mathematische Resultat lautet 21,17 Stück.

Reale Resultate

Das mathematische Resultat wird nun in ein reales Resultat umgewandelt und auf volle Zahlen gerundet, somit ergeben sich 21 Stück Bonbons.

Situationsmodell

Da das Validieren im Situationsmodell eine wichtige Rolle spielt, wird nun festgestellt, dass die Anzahl von 21 Bonbons augenscheinlich zu hoch sein muss. Dieses könnte daran liegen, dass die Hohlräume, die entstehen, wenn Kugeln aufeinander liegen, bei der Berechnung der Volumina missachtet wurden. Somit kann das volle Volumen des Kegelstumpfes gar nicht ausgenutzt werden. An dieser Stelle der Modellierungsaufgabe, könnten die Lernenden noch einmal von neuem mit der Berechnung der Aufgabe beginnen oder sagen, dass noch circa fünf Bonbons abgezogen werden, damit ein geschätztes Hohlraumvolumen abgezogen wird.

Realsituation

Im letzten Schritt werden die gesamten Überlegungen, Rechnungen und Ergebnisse der Lernenden aufgezeigt und erklärt. Dieses wird an dieser Stelle jedoch nicht noch einmal explizit dargestellt.

3.2.3.2 Stoffdidaktische Analyse der Kuppel-Aufgabe

Gegenstand dieser Aufgabe ist die Berliner Reichstagskuppel. Frage hierzu ist, welches Volumen sie umschließt.



Abbildung 13: Aufgabe Nr. 2: Kuppel

Realsituation

Das in der Abbildung 13 dargestellte Bild ergibt die Realsituation.

Situationsmodell

Durch skizzieren des Bildes wird das Situationsmodell aufgestellt.

Es wird eine Kuppel skizziert.

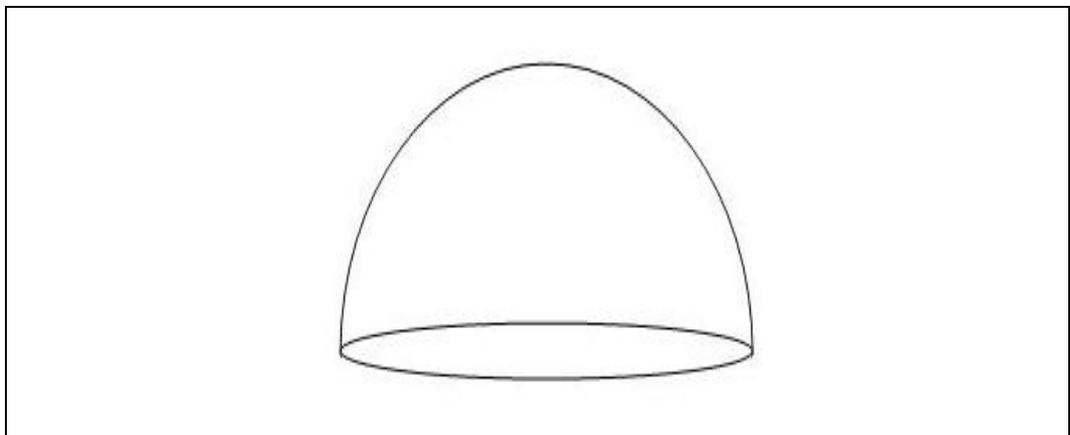


Abbildung 14: Skizze der Reichtagskuppel

Reales Modell

Jetzt werden der Durchmesser und die Höhe eingezeichnet. Diese müssen nun geschätzt werden. Man geht davon aus, dass das Gelände etwa 1,10 Meter hoch ist und die Menschen 1,80 Meter groß sind. Die einzelnen Abstände der Fenster der Kuppel scheinen gleich groß zu sein. Mir scheint es, dass sie höher als die Menschen sind und ich nehme einen Richtwert von circa 3 Meter an, somit ist die Kuppel circa 40 Meter hoch. Der Durchmesser wird auf circa 30 Meter geschätzt. Er ist ungleich der Höhe der Kuppel.

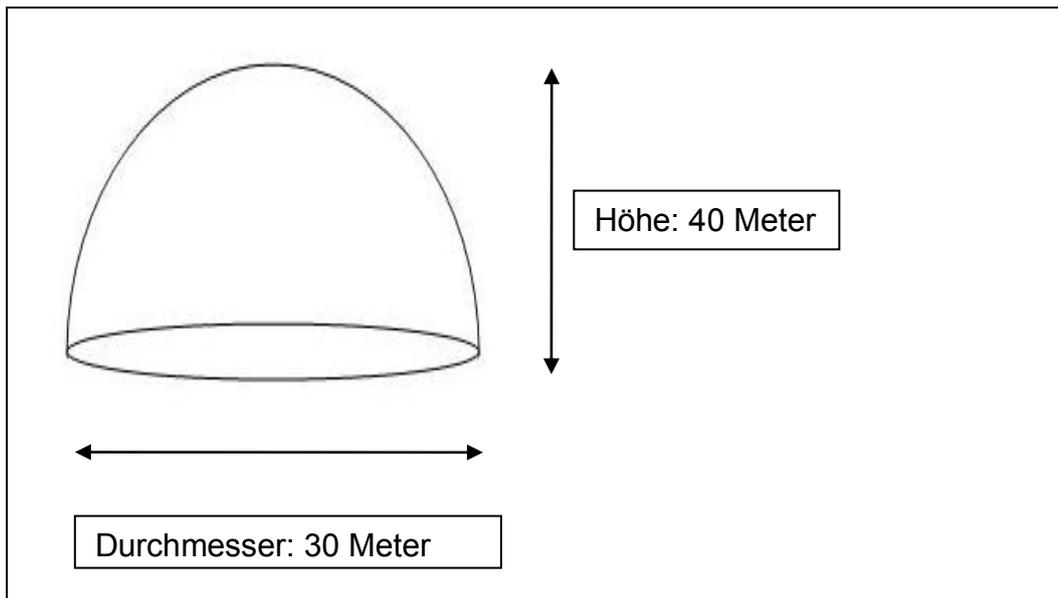


Abbildung 15: Realmodell der Kuppel

Mathematisches Modell

Mit den Annahmen des Realmodells wird nun das Volumen der Kuppel berechnet. Hierzu ist die mathematische Formel für das Volumen einer Ellipse nötig:

$$V_{\text{Ellipse}} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot abc$$

Da nicht das gesamte Ellipsenvolumen berechnet werden soll, wird die Formel durch zwei geteilt:

$$V_{\text{Kuppel}} = \left(\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot abc\right) \div 2$$

Mathematisches Resultat

Nun werden die Werte aus dem Realmodell in die Formel eingesetzt:

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass zwei Größen gleich groß sind, da es sich um einen Kreis handelt und dass die Höhe verdoppelt werden muss, da es sich um das Volumen einer gesamten Ellipse handelt:

$$V_{\text{Kuppel}} = \left(\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot 30m \cdot 30m \cdot 80m\right) \div 2$$

$$V_{\text{Kuppel}} = 150.796,44 \text{ m}^3$$

Das mathematische Resultat lautet: 150.796m³.

Reale Resultate

Innerhalb des realen Resultates wird erst einmal sinnvoll gerundet: 150.000 m³ und der Frage nachgegangen, ob dieses Ergebnis in Frage kommen kann.

Situationsmodell

An dieser Stelle lässt sich festhalten, da bei der vorliegenden Berechnung davon ausgegangen wurde, dass das Kuppelvolumen der Hälfte des Ellipsoidvolumens entspricht, ob dies wirklich passend ist, bleibt fraglich, da die andere Hälfte der Kuppel nicht sichtbar ist. Des Weiteren bleibt anzumerken, dass die kleinen Ecken und Kanten an den Seitenwänden der Kuppel nicht berücksichtigt wurden und es sich somit um eine vereinfachte Darstellung handelt.

Realsituation

Im letzten Schritt werden die gesamten Überlegungen, Rechnungen und Ergebnisse noch einmal aufgezeigt und erklärt. Dies wird an dieser Stelle vernachlässigt.

3.2.4 Zeitplan

Der erste Zeitplan verdeutlicht den Einsatz der Methoden und das Ziel zum jeweiligen Zeitpunkt der Untersuchung. Der zweite Zeitplan gibt einen Überblick über die Inhalte des jeweiligen Tages.

Zeitpunkt	Erhebungsmethode	Ziel
KW 35	Videografie und Audiografie	Verständnis und Nachvollziehen des Modellierungsprozesses der Lernenden
KW 35	Fragebogen	Rekonstruktion der Intuition der Lernenden
KW 35	Interview Nachträglich lautes Denken (NLD)	Rekonstruktion des bewussten/ unbewussten Handelns und der Intuition

Tabelle 4: Überblick über die Erhebungsmethoden und deren Ziele

27.08.2012 und 28.08.2012	1. Aufgabe wird von Lernenden bearbeitet, im Anschluss findet das Ausfüllen des Fragebogens und jeweils ein Einzelinterview statt
29.08.2012 und 30.08.2012	2. Aufgabe wird von Lernenden bearbeitet, im Anschluss findet das Ausfüllen des Fragebogens und jeweils ein Einzelinterview statt.
Ab KW 36	Transkription der Interviews und Auswertung des gesamten Datenmaterials

Tabelle 5: Überblick über die Erhebung und Auswertung

3.3 Auswertungsmethoden

In diesem Teil der Arbeit werden die Auswertungsmethoden, die zur Rekonstruktion der Intuition von Bedeutung waren, beschrieben. Da zur Erhebung der Daten mehrere Methoden verwendet wurden, erfordert die Auswertung eine Datentriangulation, die auf der folgenden Seite theoretisch erklärt wird. Des Weiteren wird auf die Kodierung theoretisch eingegangen. Das für diese Untersuchung entwickelte und verwendete Kodie-

rungsschema wird vorgestellt und an einigen Beispielen demonstriert.

3.3.1 Datentriangulation

Die Triangulation ist eine Strategie der Validierung erhobener Daten. Sie gliedert sich nach Denzin (in Flick 1995: 432) in vier Arten: Datentriangulation, Untersucher-Triangulation, Theorien-Triangulation und methodologische Triangulation. Im Folgenden wird nur auf die Datentriangulation eingegangen, da sie in der vorliegenden Untersuchung ihre Verwendung findet. Die drei anderen Arten wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit genannt.

Das Einbeziehen

„unterschiedlicher Datenquellen in Abgrenzung zur Verwendung unterschiedlicher Methoden der Hervorbringung von Daten“ (Flick 2000: 249)

wird als Datentriangulation verstanden. Hierbei gibt es weiterhin Subtypen, die nach Zeit, Raum und Personen differenziert werden. Diese Differenzierung nähert sich den Strategien des theoretischen Sampling an, da auch hier von systematischer Auswahl und Einbeziehung von Personen, Zeitpunkten und Lokalitäten bei der Untersuchung ausgegangen wird (siehe Unterkapitel 2.1.5 und Flick ebd.: 249).

Da in der vorliegenden Untersuchung verschiedene Erhebungsmethoden (Fragbogen, Interview, verbale und visuelle Daten), die unter Punkt 3.2 erklärt wurden, verwendet wurden, resultieren daraus unterschiedliche Datensätze. Diese Datensätze stammen aus unterschiedlichen Quellen, von unterschiedlichen Personen und wurden zu unterschiedlichen Zeitpunkten erhoben. Mittels der Datentriangulation müssen sie nun zur Hypothesengenerierung in Verbindung gebracht werden. Die Vernetzung der Erhebungsdaten in der vorliegenden Untersuchung kann der Chronologie der Kapitel 3.2.1 bis 3.2.3 und dem Zeitplan entnommen werden.

Insgesamt existieren somit drei Datenarten, die parallel bearbeitet werden sollen. Die Videografie der Aufgabenbearbeitung ist wegen ihres Umfangs und ihrer Bezugnahme der anderen Datenarten darauf als zentral zu

betrachten. Im Idealfall lassen sich zum Beispiel Handlungen und Äußerungen der Schüler während der Aufgabenbearbeitung feststellen und im anschließenden Interview aufgreifen. Dies würde ein tieferes Hinterfragen zulassen und es könnten später mögliche Zusammenhänge in Verbindung gebracht werden oder sogar mit Antworten anderer Schüler in Bezug gesetzt oder verglichen werden. Eine weitere Selbsteinschätzung von Seiten der Schüler lässt der Fragebogen zu. Auch hier soll versucht werden, Bezüge zum Interview oder der Videografie herzustellen.

3.3.2 Theoretisches Kodieren

Innerhalb der qualitativen Forschung wird Kodieren laut Flick (1995: 165) einerseits als *subsumptorische Routinetätigkeit* und andererseits als *kreativer Prozess* aufgefasst. Unter dem ersten Aspekt wird die Empirie durch Kodieren Kategorien untergeordnet. Daraus resultiert, dass die Kodierung von Fällen und Inhalten zu Kategorien als Routinetätigkeit verstanden wird. Kodieren als kreativer Aspekt meint, dass durch den Vorgang des Kodierens angemessene Kategorien und Kategoriensysteme entwickelt werden. Diese Art des Kodierens ist ein grundlegendes Verfahren innerhalb der Grounded Theory von Glaser und Strauss (vgl. Kapitel 3.1.2) und wird in der Literatur auch als theoretisches Kodieren bezeichnet. Strauss und Corbin (1996: 43ff.) unterscheiden drei Arten des theoretischen Kodierens:

1. Das *offene Kodieren*: Das vorliegende Textmaterial wird mit Codes versehen, um Daten in Begriffe fassen zu können. Diese Codes werden in Bezug zur Fragestellung kategorisiert. Die daraus resultierenden Kategorien werden wiederum mit Codes versehen, was zur Folge hat, dass einheitliche Eigenschaften und/ oder unterschiedliche Ausprägungen existieren. (Vgl. Flick 2000: 198ff.).
2. Das *axiale Kodieren*: Die im offenen Kodieren entwickelten Kategorien werden beim axialen Kodieren vertieft. Dies soll zur Folge haben, dass die Kategorien besser differenziert werden können. Hierfür werden Kategorien ausgefällt, die für die Fragestellung von großer Bedeutung sind, und in Bezug zu Textstellen gesetzt. (Vgl. Flick

ebd.: 201f.).

3. Das *selektive Kodieren*: Ziel des selektiven Kodierens ist es, die Kernkategorie herauszufiltern, um die sich die entwickelten anderen Kategorien anordnen lassen. (Vgl. Flick ebd.: 202ff.).

„Diese Prozeduren sollten weder als klar voneinander trennbare Vorgehensweisen noch als zeitlich eindeutig getrennte Phasen des Prozesses (miß)verstanden werden. Sie stellen vielmehr verschiedene Umgangsweisen mit textuellem Material dar (...)“ (Flick 2000: 197).

Flick (1995: 165) führt aus, dass durch die Mehrstufigkeit des Kodierens Offenheit gewonnen wird. Weiterhin präzisiert er, dass der erste und wesentliche Schritt die Phase des offenen Kodierens ist. Danach folgt eine Selektion und schließlich kommt es im zweiten Schritt -dem theoretischen Kodieren- zu einer Zusammenfassung der Kodierungen aus der ersten Phase unter Berücksichtigung bestimmter Kernvariablen (vgl. ebd.: 165). Flick (ebd.: 165) merkt zudem an, je offener die Kodierungen in der ersten Phase sind, desto flexibler können die Daten unter anderen Fragestellungen theoretisch kodiert und sortiert werden.

Kelle und Kluge (1999: 57ff.) führen aus, dass das Kodieren auch mit Hilfe eines Kategorienschemas möglich ist. Adäquat hierfür sind abstrakte theoretische Konzepte oder Alltagskonzepte, die entweder mit Daten angereichert werden müssen oder bei denen die Daten nur noch strukturiert werden müssen. Auch Kelle und Kluge sind der Meinung, dass die Kodierkategorien soweit wie möglich offen gestaltet werden sollten und bei der Bildung von Unterkategorien zwei Aspekte eingehalten werden sollten:

1. Aufteilen der Kategorien nach Vorwissen
2. Bildung der Kategorien, die bei der Textanalyse mit gleichen Codes versehen wurden.

Für die vorliegende Untersuchung wurde das Kodieren als kreativer Prozess, wie es innerhalb der Grounded Theory vorgesehen ist, angewandt. Da das Leitfadenterview zum Einsatz kam, welches nach Kelle und Kluge (ebd.: 57ff.) für die Kodierung als Basis dienen kann, wurde zudem ein

Kodierschema entworfen. Hierbei wurde wie folgt vorgegangen:

Als Kodes wird die Durchkodierung bezeichnet zu:

- Intuition. Das können die Begriffe sein, die in Bezug zur Intuition gesetzt werden können.
- Einzelne Schritte des Modellierungskreislaufes. Jeder einzelne Schritt innerhalb des Modellierungskreislaufes wurde mit einem Kode versehen.

Die Subkodes zur Intuition und den einzelnen Schritten des Modellierungskreislaufes sind:

- Subkodes zur Intuition: Unterbewusstsein, Blitze, Gedanken oder Lichtblicke
- Subkodes zu den einzelnen Schritten des Modellierungskreislaufes: Aufgabe verstehen, Situationsmodell erstellen, Aufgabe vereinfachen, Reales Modell erstellen, Aufgabe mathematisieren, Mathematisches Modell erstellen, Mathematisch arbeiten, Mathematisches Resultat erstellen, Lösung interpretieren, Reales Resultat erstellen, Lösung überprüfen, Situationsmodell anwenden.

4 Ergebnisse

Im Rahmen der Untersuchung wurden im Zeitraum vom 27. August 2012 bis 30. August 2012 zwölf Schüler und Schülerinnen der neunten Klassenstufe an einer Schule befragt. Die Stichprobe der zwölf Befragten unterteilt sich dabei in 50 Prozent weibliche und 50 Prozent männliche Schüler. Das Durchschnittsalter der Schüler beträgt 14 Jahre, wobei der jüngste Schüler 14 Jahre alt ist und auch der Älteste 14 Jahre alt ist. Am Donnerstag, den 30.08.2012 entfiel die fünfte und die sechste Unterrichtsstunde, sodass hier keine Daten erhoben werden konnten. Dies hatte zur Folge, dass 22 Fragebögen ausgewertet werden konnten. Weiterhin konnten 22 Interviews durchgeführt werden. Bei zwei Interviews lagen allerdings Datenfehler vor, so dass sie nicht verwendet werden konnten. Da bei zwei Schülern am Dienstag keine Einverständniserklärung zum Filmen vorlag, wurden insgesamt zehn Paare beim Bearbeiten der beiden Modellierungsaufgaben gefilmt.

Im Weiteren wird nun zunächst ein Fallbeispiel, welches meine Auswertung transparent erscheinen lassen soll, präsentiert. Danach werden sämtliche Ergebnisse der Interviews, Fragebögen und der Videografien dargestellt. Hierbei werden zunächst die Hypothesengenerierungen und im Anschluss die kumulierten Ergebnisse übersichtlich dargestellt, es werden einzelne Beispiele genannt und am Ende wird ein Bezug zur Theorie hergestellt, um mögliche Interpretationen der Ergebnisse aufzustellen. Unter Berücksichtigung sämtlicher Resultate sollen dann im letzten Kapitel der Arbeit Perspektiven für eine weitere Untersuchung aufgezeigt werden.

4.1 Fallbeispiel Ashley

Um einen detaillierten Überblick über die Vorgehensweise der Datenauswertung zu erhalten, wird im Folgenden ein Fallbeispiel näher erläutert. Hierzu wurden sämtliche Aufgabenzettel, Fragebögen, Interviews und Videografien der jeweiligen Schüler auf die von mir aufgestellten Codes und

Subkodes untersucht. Des Weiteren wurden Äußerungen, die in Richtung Intuition gingen und die bei der Aufgabenbeobachtung von mir festgestellt wurden, im Interview bereits hinterfragt, sodass hier ein tieferer Einblick in die Denkweisen der Schüler aufgegriffen und hinterfragt werden konnte. Das Fallbeispiel von Ashley soll nun meine Arbeit in diesem Punkt transparenter erscheinen lassen. Ashley wurde aus dem Grund ausgewählt, weil sie sich als eine sehr gewissenhafte Schülerin gezeigt hat, die versucht hat möglichst alles sehr genau zu erklären und zu beantworten.

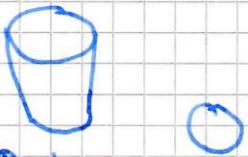
1. Modellierungsaufgabe

Der Lösungszettel von Ashley bei der ersten Modellierungsaufgabe sieht wie folgt aus:

Ashley

Modellierungsaufgabe Nr. 1

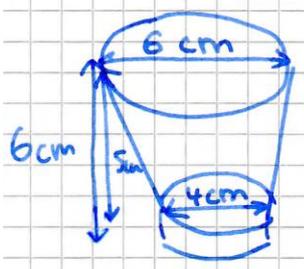
Situationsmodell:



Becher Bonbon

Wie viele Bonbons passen in das Glas?

Reales Modell:





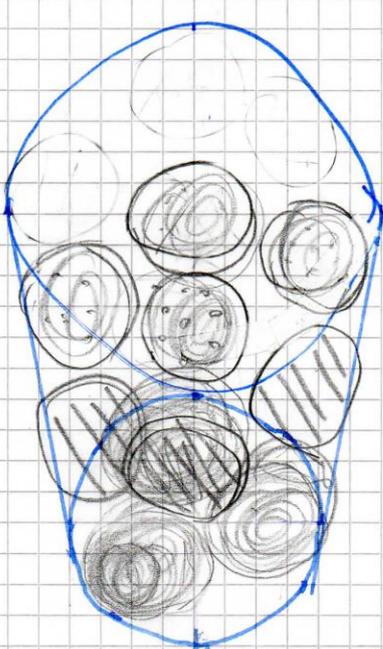
2 cm

Schätzung:

1. Ebene	3 Kugeln
2. Ebene	3 - 1 =
3. - 1 =	4 - 1 =
4. - 1 =	4 - 1 =
5. - 1 =	5 - 1 =

⇒ Wir schätzen, dass ~~18~~ 10 Kugeln in das Glas passen.

Skizze:



10 Kugeln

Abbildung 16: Lösungszettel 1 von Ashley

Um den Lösungszettel von Ashley zu verstehen, wurde dieser parallel

zum Video betrachtet und untersucht. Ihr Vorgehen wird der Vollständigkeit halber hier geschildert, da jedoch keine Phänomene, die Intuition verdeutlichen, gefunden werden konnten, ist die Ausführung bewusst kurz gehalten und stellte sich wie folgt dar: Als erstes wurde von der Schülerin anhand ihrer Wahrnehmung der relevanten Parameter für diese Aufgabe ein Situationsmodell skizziert und zur Vergegenwärtigung und Entlastung des Kurzzeitgedächtnisses, die Aufgabenstellung auf den Lösungszettel übertragen. Danach folgte die Konstruktion eines Realen Modells anhand von Vergleichswerten, die sie aus der Größe ihrer Finger ableitete. Der Meinungs austausch mit ihrer Partnerin führte sie daraufhin zu ihrem Lösungsansatz. Dieser bestand darin, das abgebildete Glas und die Bonbons in Originalgröße zu zeichnen und die Bonbons danach abzuzählen.

Wie bereits oben erwähnt, sind während der Untersuchung dieser beiden Datenmaterialien keine Phänomene bezüglich der Intuition aufgefallen. Es können lediglich die Skizzen des Situationsmodells und des Realen Modelles auf dem Lösungszettel erkannt und kodiert werden. Für die vorliegende Untersuchung können dadurch jedoch keine Zusammenhänge zur Intuition erkannt werden.

Im anschließenden Fragebogen von Ashley fällt zum einen auf, dass sie die Frage zu ihrer Notenbegründung sehr ausführlich beantwortet hat und zum anderen fällt auf, dass sie sehr auf die richtige Lösungsfindung bedacht ist. Die daraus erkennbare Gewissenhaftigkeit im Umgang mit ihr gestellten Aufgaben führte zur Auswahl ihres Fragebogens. Allerdings traten auch hier keine Ereignisse, die Rückschlüsse auf Intuition erlaubt hätten, zum Vorschein. Im Folgenden werden nun Ashleys Antworten dargestellt:

Begründe welche Note du dir selbst in Mathematik geben würdest!

Ich bin mir nicht so ganz sicher. 2-3 trifft es schon ganz gut, da ich bisschen Mathe-Hausaufgaben-Faul bin :s. Ich gebe mir große Mühe alles zu verstehen, aber trotzdem verstehe ich es nicht gut genug für eine 1. Wenn ich mich mit Klassenkameraden vergleiche, würde ich mir eher eine 2 geben, da viele von ihnen sehr lustlos & halbherzig an die Sache ran'gehen. Wenn ich jedoch bessere Schüler betrachte, würde ich mir eine 3 geben, weil ich dann wieder daran denke, dass ich ja die Hausaufgaben nicht ordentlich mache...

Hast du schon ähnliche Aufgaben gerechnet?

Nein leider nicht, ~~es~~ und wenn doch, dann habe ich es schon wieder vergessen. Ich fand es erst

War die Aufgabe eher leicht oder schwer für dich?

Erst fand ich sie sehr schwer, da ich gar nicht wusste, wie ich anfangen soll. In der Mitte war sie dann recht leicht, aber ich fand es schon komisch, dass man nicht genau weiß, ob es nun richtig oder falsch ist.

Wie bist du zu einem Lösungsansatz gekommen?

Ich habe mir versucht vorzustellen, wie viele Bonbons in das Glas passen. Dabei habe ich kaum gerechnet, sondern eig. nur logisch gedacht, also habe einfach an Hand des räumlichen Vorstellungsvermögens vorgestellt.

Woran hast du bei den einzelnen Schritten des Modellierungskreislaufes gedacht?

Ich
Wir haben überlegt, wie man mit dem Volumen eines Zylinders berechnen soll, wie viele Kugeln in das Glas passen. Ich konnte mir schwer vorstellen, da die Kugeln ja rund sind & ^{das} Zwischenräume haben. Als wir dann eine Idee hatten, wie viele Kugeln rein passen könnten, war ich mir unsicher, ob das schon alles gewesen sein sollte. Also ich wusste nicht so genau, was davon der "Rechen-teil" war, da wir ja eig. nur geschätzt haben.

Was hat dir gesagt, dass du auf dem richtigen/ falschen Weg bist?

Nichts :o

Das einzige, das mich beruhigt hat, war, dass wir die Hauptfrage beantwortet hatten (wenn schätze, wie viele Kugeln in das Glas passen \rightarrow 10).

Woher wusstest du, dass du mit der Aufgabe fertig bist?

Daran, dass ich die erste Frage beantwortet hatte. Wir sollten schätzen, wie viele Kugeln hinein passen & das haben wir gemacht.

Was hat dir gesagt, dass deine Lösung richtig/ falsch sein kann?

Das weiß ich nicht genau. Ich konnte diese Art von Aufgabe ja gar nicht & deshalb war ich mir sehr unsicher. Jetzt, wo ich weiß, dass es gar kein richtig & falsch gibt, bin ich zufrieden.

Vertraust du deiner Lösung oder deinen Ideen?

Im Nachhinein bin ich zufrieden mit unserer Lösung & dem Weg dahin. Aber während der Aufgabe war ich mir nicht sicher, ob das so gut oder schlecht ist. Bei der nächsten Aufgabe bin ich mir bestimmt sicherer...

Womit hast du die Aufgabe gelöst? Hast du eher Formeln oder deine Gedanken umgesetzt?

Ich habe meine Gedanken umgesetzt & mir bildlich vorgestellt, wie viele Kugeln in so ein Glas passen. Gerechnet / mit Formeln gearbeitet haben wir kaum.

Abbildung 17: Fragebogen 1 von Ashley

Bei der Untersuchung des Interviews konnte ich die Anwendung verschiedener Schritte des Mathematischen Modellierens feststellen. Ashley hat innerhalb des Realen Modelles ihre Annahmen geschätzt und die Werte auf Grund ihres Alltagswissens ermittelt (vgl. Ashley 1: Z. 6-12). Sie äußert sich später dahingehend, dass es überwiegend Erfahrung war, mittels derer sie die Aufgabe gelöst hat (vgl. ebd.: Z. 64-90). Erste und auch weitere Anzeichen bezüglich der Intuition lassen sich auf die Frage, ob sie ihre Gedanken bei der Aufgabe beschreiben kann, erkennen. Ashley gibt sowohl an, dass sie dies nicht so gut beschreiben kann, als auch, dass sie nicht weiß, warum sie etwas mache (vgl. ebd.: Z. 94-118). Später erklärt sie, dass sie mehr aus Zufall gehandelt hat und sagt:

„Ich denke eher, dass es aus dem Unterbewusstsein kommt und man das so von automatisch macht“ (ebd.: Z. 117-118).

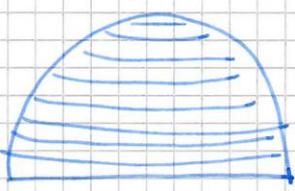
2. Modellierungsaufgabe

Der zweite Lösungszettel von Ashley sieht im Vergleich zum ersten Lö-

sungszettel vielschrittiger aus. Es lassen sich die Schritte zwei bis sechs des Modellierungskreislaufes erkennen. Zusätzlich finden sich jeweils Skizzen, Werte, Zahlen und eine passende Formel. Auch an dieser Stelle kann ich nur Charakteristika aus dem Bereich des Mathematischen Modellierens erkennen. Ashleys Lösungszettel folgt nun:

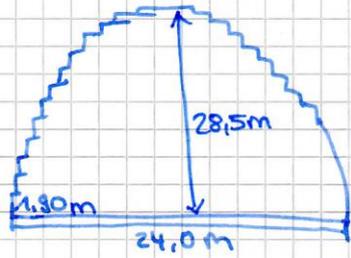
Modellierungsaufgabe Nr. 2 Ashley 25.8.12

2. Schritt

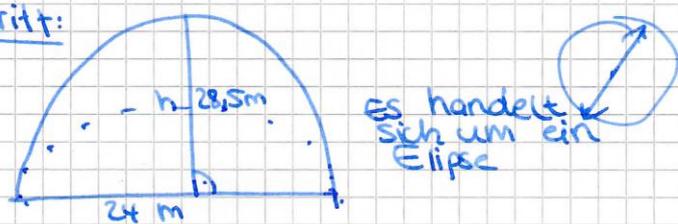


Reichstagskuppel

3. Schritt



4. Schritt:



es handelt sich um eine Ellipse

5. Schritt:

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot a \cdot b \cdot c$$

$$V = 68.763,18 \text{ m}^3$$

6. Schritt:

Unter der Reichstagskuppel befindet sich ein Volumen von 68.763,18 m³. Die Säule wird ^{dabei} ~~dabei~~ nicht beachtet.

Abbildung 18: Lösungszettel 2 von Ashley

In Verbindung mit dem Video ließ sich folgendes erkennen: Zuerst wurde das Situationsmodell angefertigt. Dann erfolgte ein Informationsaustausch mit ihrer Partnerin zum Ziel des Ermitteln der Maße, die für die Berechnung der Aufgabe ihres Erachtens wichtig war. Die Ergebnisse resultierten hierbei aus einer Kombination von Erfahrungswerten, welche sich auf in der Aufgabe vorkommende Gegebenheiten anwenden ließen und deren in Relation setzen zu anderen darin enthaltenden Parametern. Dies führte durch Schätzung der Größe eines Menschen, zur dadurch ermöglichten Schätzung der Fenstergröße und mittels Multiplikation, sowie der persönlichen Erinnerung an den Schauplatz der Aufgabe, letztlich zur Annahme einer verwendbaren Größe. Im darauf folgenden Gespräch konnte Ashley noch aus ihrem expliziten Wissen wiedergeben, dass die Formel zur Berechnung, die einer Ellipse sein muss.

Während der Untersuchung der beiden Datenmaterialien sind wieder keine Phänomene der Intuition aufgefallen. Es können auch hier lediglich die Skizzen des Situationsmodells und des Realen Modelles auf dem Lösungszettel erkannt und kodiert werden. Für die vorliegende Untersuchung können durch diese beiden Modelle auch keine Zusammenhänge zur Intuition gezogen werden.

Im anschließenden Fragebogen von Ashley fällt auf, dass die Schülerin versucht hat, ihn sehr ausführlich zu beantworten. Es zeigt sich weiter, dass sie an vielen Stellen auf ihre Erfahrung zurückgreift und manchmal auch bewusste Gedanken nennt. Hier konnten wiederum keine Charakteristika der Intuition gefunden werden. Im Folgenden werden nun Ashleys Antworten dargestellt:

Hast du schon ähnliche Aufgaben gerechnet?

Nur am Montag die Modellierungsaufgabe l.
Ich habe schon Volumen berechnet und auch
schon Aufgaben nach bestimmten Schritten
gerechnet. Nur solche Aufgaben in der Kombination
aus 'Ablauf', 'Rechenthema', und 'Lösungsart'
noch nicht.

War die Aufgabe eher leicht oder schwer für dich?

⇓
→ Erfahrung

⇐ Schwer zu sagen. Die Aufgabe war erst aus
folgendem Grund schwerer: Man muss freier/kreativer
Abschätzen. Letztes Mal konnte ich aus Erfahrung
heraus gut ^{die Größen} abschätzen. Dieses Mal muss man
die Maße des Reichstags 'bestimmen' & das ist schwer
da der so gigantisch ist und man sich leicht
um ein paar Meter vertut. Gehtoffen ^{haben} hat mir die
auf dem Bild zu sehenden Personen, da ich
ungefähr wusste, wie groß ein Mensch ist & wie
große Schritte er machte. Daran konnte ich
schätzen, wie groß so diese "Fenster" in etwa
sind.

Wie bist du zu einem Lösungsansatz gekommen?

Mit Hilfe der ^{abgeschätzten} Menschen konnte ich einige Größen
leichter bestimmen. ← Erfahrungen! Anderer Seite ist
der Reichstag nun ein Bauwerk, dass ich nicht so
genau kenne & deshalb erstmal hilflos vor der Aufgabe
saß. Als mir die Menschen dann aufgefallen sind
& mir einfiel, dass ich ca. 1,60 groß bin konnte
ich mir weiterhelfen.

Woran hast du bei den einzelnen Schritten des Modellierungskreislaufes gedacht?

Ich habe versucht mich nah am Modellierungskreislauf zu orientieren. Ich fand das außerordentlich leicht. Letztes ~~Pro~~ kam es mir in der Hinsicht schwerer vor. Zu Beginn finde ich sind die Schritte recht klein gefasst (erst eine Situationskizze, dann eine Skizze mit Maßen & dann eine Mathematisierte Skizze.) Das finde ich aber eig. gut, da man dadurch den Überblick gut behält. Also man lernt die Aufgabe ein bisschen "auswendig" & dadurch kann man besser arbeiten. Man vergisst nicht gleich wieder alle Maße. So genau weiß ich es auch nicht, aber es hat mir auf jeden Fall geholfen.

Was hat dir gesagt, dass du auf dem richtigen/ falschen Weg bist?

Nachdem ich alle Maße bestimmt habe fühlte ich mich relativ sicher. Erst als wir dann das Volumen berechnet hatten & so eine große Zahl rauskam war ich mir unsicher, weil ich nicht so gut mit großen Zahlen umgehen kann. Also es war ^{mir} ~~mir~~ nicht aufgefallen, wenn da einfach das doppelte rauskäme. Ich hab überlegt, ob ich die Aufgabe nochmal neu rechne, weil ich die Maße etwas verringert hätte, aber dann dachte ich mir, "ich habe eben schon die Maße berechnet & hab es für richtig gehalten. Also "vertrau" dir doch mal", und deshalb habe ich es gelöst.

Woher wusstest du, dass du mit der Aufgabe fertig bist?

Ich hatte alle "aufgaben" erledigt & ein akzeptables Ergebnis raus. Ich habe ja ~~wie~~^{wie} oben genannt überlegt es nochmal zu verändern, aber dann fand ich es einfach zu überzeugend. Ich meine, ich hatte ja schon die Maße berechnet & war damit zufrieden, deshalb wollte ich es so lassen, was ich ja auch getan habe.

Was hat dir gesagt, dass deine Lösung richtig/ falsch sein kann?

Das ist ja mein Problem. Ich kann schwer erkennen, ob das Ergebnis richtig oder falsch ist. Meistens rechne ich nochmal nach, um Tippfehler zu vermeiden, oder ich wende eine 'Umkehrrechnung' an. Wenn nichts von beiden geht, dann vertraue ich auf meine Rechnung & bete, dass ich keinen (Denk-) Fehler hatte. So gesehen hat mir nichts das Gefühl gegeben, ob es richtig oder falsch war.

Vertraust du deiner Lösung oder deinen Ideen?

Ja, ich vertraue der Methode, wie ich die Aufgabe gelöst habe, also ^{der} die Vorgehensweise, an Hand von gewohnten Dingen, andere / ungewohnte Dinge abzuschätzen und zu berechnen.

Der Lösung vertraue ich nicht sooooo doll, weil ich sie nicht überschlagen kann, oder schätzen, was in etwa rauskommen müsste. Wenn dann mal ein tausender zu viel da steht, dann merke ich das auch wieder nur - wenn überhaupt - weil ich es mit bekannten Größen, Eigenschaften, Dingen vergleichen kann.

Womit hast du die Aufgabe gelöst? Hast du eher Formeln oder deine Gedanken umgesetzt?

Gedanken! Auf jeden Fall. Zwar mehr Formeln, als letztes mal, aber trotzdem viel mehr Gedanken. Ich habe mal darüber nachgedacht und kam zu dem Entschluss, dass ich diese Aufgaben hauptsächlich durch Erfahrungen, Vorstellungen & irgendwas abgeleitetes rechne.

Abbildung 19: Fragebogen 2 von Ashley

Bei der Untersuchung des zweiten Interviews mit Ashley traten Phänomene der Intuition auf. Als ich sie auf ihre Gedanken angesprochen habe, wie sie auf die Höhe gekommen ist, sagt sie mir, dass ihr die Idee des Abzählens der Fenster einfach gekommen sei und diese unterbewusst gewesen sei (vgl. Ashley 2: Z. 19-31). Ashley hat danach die Fenster mit der Größe des Mannes aus dem Vordergrund multipliziert. Auf die Frage, wie sie auf diese Idee gekommen ist, die Größe des Mannes zu ermitteln, antwortet sie:

„Das war wie so als wenn mir ganz plötzlich aufgefallen, als hätte ich das Bild jetzt ganz anders betrachtet“ (ebd.: Z.72).

Sie gibt danach an, dass sie dies eher unbewusst getan hat und sagt:

„also dass ich das Bild jetzt anders betrachtet hab, war unbewusst“ (ebd.: Z.78-79).

Die Beantwortung der Frage, ob sie das Unbewusste beschreiben oder dem einen Namen geben kann, fällt ihr sichtlich schwer, da sie hier sehr viele Pausen beim Sprechen gemacht hat. Sie sagt zudem auch:

„Das ist eine schwierige Frage. (...) Ich weiß nicht so´ne Blitzidee [überlegen]. Es kommt so ganz plötzlich wie so´n Zug vorbeigefahren im Kopf und dann hab ich die Idee, ich weiß es nicht“ (ebd.: Z.87-92).

Kodes bezüglich des Mathematischen Modellierens können innerhalb des zweiten Interviews von Ashley nicht festgestellt werden.

4.2 Ergebnisse der Interviews

Im Weiteren werden nun die Ergebnisse der einzelnen Interviews und die einzelnen Hypothesengenerierungen aufgezeigt. Ziel war es, durch die Ergebnisse eine Schülerrückmeldung bezüglich des Vorliegens von Intuition beim Mathematischen Modellieren zu erhalten und somit Hypothesen zu generieren.

Folgende Hypothesen ergeben sich für das vorliegende Interview.

Hypothesengenerierung I-1:

Es konnte rekonstruiert werden, dass die interviewten Schüler unbewusstes Handeln feststellen. In diesem Zusammenhang konnte zudem generiert werden, dass nur wenige Schüler dieses unbewusste Handeln mit intuitivem Handeln beziehungsweise der Intuition gleich setzen.

Die erste Hypothesengenerierung stützt sich darauf, wie bereits im Kapitel 2.1.1.3 durch Ruthenbeck (2004) und im Kapitel 2.3 durch Käpnick (2006), Risse (2006) und Davis & Hersh (1994) dargestellt wurde, dass unbewusstes Handeln zwar von den Einzelnen erkannt werden kann, es jedoch schwer ist für den Einzelnen dieses zu schildern und in Verbindung mit der Intuition zu setzen.

Die Auswertung der Interviews und dessen Transkripte zeigt, dass fast alle Schüler unbewusstes Handeln festgestellt haben. Bei der Bearbeitung der ersten Modellierungsaufgabe gaben 100 Prozent der Schüler an, dass sie unbewusst gehandelt haben und bei der zweiten Aufgabe waren es 90 Prozent der Schüler. Lediglich ein Schüler hat bei der ersten Aufgabe festgestellt:

„das war meine Intuition würde ich sagen“ (Aloha 1, Z. 11).

Somit kann festgehalten werden, dass nur ein Schüler bei der ersten Modellierungsaufgabe sein unterbewusstes Handeln mit seiner Intuition in Verbindung gesetzt hat. Auffällig ist jedoch, dass dieser Schüler bei der zweiten Aufgabe sein unbewusstes Handeln nicht mit seiner Intuition in Verbindung setzt, sondern mit Erfahrung. Bei der zweiten Aufgabe äußert sich eine Schülerin:

„hm (...) so ein äh (...) eher so intuitiv“ (AfricanHipHopGirl 2, Z. 28-29).

zu ihren Gefühlen, die sie während der Bearbeitung der Aufgabe bemerkt hat. Auch diese Schülerin hat bei der ersten Aufgabe ihr unbewusstes Handeln nicht mit intuitiven Vorgehen gleichgesetzt, sondern mit komischen Gefühlen.



Abbildung 20: Unbewusstes Handeln

Das Gros der Schüler bestätigt immer unbewusst gehandelt zu haben,

doch die wenigsten Schüler können ihre Gedanken oder Gefühle während der Bearbeitung der Aufgabe deutlich beschreiben. Die folgenden Zitate zeigen deutlich, dass die Schüler Synonyme für Intuition beziehungsweise intuitives Verhalten angeben, weil sie ihr unbewusstes Handeln schwer beschreiben können:

Auf die Frage: „Kannst du das gut, also hast du das Gefühl, dass du das gut beschreiben kannst? Deine Gedanken, die du so bei den Aufgaben hattest oder kannst(!) die eher nicht so beschreiben?“

Antwortet Ashley: „Äm, also es gibt besseres, was ich beschreiben kann, es geht.(...)Ich glaube eher, dass ich nicht genau weiß warum ich das mache. (...) Ich denke eher, dass es aus dem Unterbewusstsein kommt und man das so von automatisch macht. (Ashley 1, Z. 94, Z. 101 und Z. 117-118)“

Cassie sagt auf die Frage, ob ihr ihr Vorgehen bewusst war geantwortet: „ Und äh ich glaub, dass war jetzt eher so ähm ganz ähm bauchgefühlmäßig denk ich einfach (Cassey Heydon 1, Z. 39-40)“.

Auf die Frage, ob Boss dem Bewussten oder Unbewusstem Namen geben kann, antwortet er: „(...) ich hab das mehr unterbewusst also ich merk das gar nicht richtig, ich überleg mir auch gar nicht, wie ich dahin komme oder also ich überleg mir schon wie ich dahinkomme nicht wie ich auf die Idee komme dort dann hinzukommen. Das passiert bei mir so im Unterbewusstsein, glaub ich“ (Boss 1, Z. 70-73).

Marry beschreibt ihre „komischen Gefühle“ beim Bearbeiten der Aufgabe so: „ich weiß nicht, dass ist wie so`n Bauchgefühl quasi, das ist dann einfach so. Dann plötzlich, sagt so hm das stimmt so oder das kann nicht so stimmen.“ Auf die Frage wie sie es wahrnimmt sagt Marry: „nicht wirklich, es ist dann irgendwie einfach [überlegen] also irgendwie ist das dann einfach in meinem Kopf und [überlegen] weiß nicht [überlegen] Bauchgefühl in meinem Kopf“ (Marry Parker 2, Z. 49-58).

Somit kann ich den empirischen Erkenntnissen von Käpnick (2006) zustimmen, indem er erstens sagt, dass sich intuitives Verhalten sehr schwer nachvollziehen lässt und zweitens, dass es diffizil ist, festzustellen, ob Intuition vorliegt, da die meisten Schüler ihre Intuition mit unbewussten Handeln verknüpfen und sie das schlecht erklären können. Des Weiteren

kann mit Borromeo Ferri und Lesh (2012) übereingestimmt werden, dass sich Intuition in Form von Gefühlen, Überzeugungen und meta-kognitiven Wahrnehmungen äußert.

Hypothesengenerierung I-2:

Im Bezug zum Modellierungskreislauf, lässt sich rekonstruieren, dass sich intuitives Verhalten bei fast allen Schülern in den unterschiedlichsten Schritten des Modellierungskreislaufes erkennen lässt.

Bei einer genaueren Betrachtung der in den Abbildungen 21 und 22 dargestellten Diagramme, zeigt sich, dass bei der ersten Aufgabe erstaunliche 50 Prozent der Schüler ihr intuitives Vorgehen nicht in den Modellierungskreislauf einordnen konnten. Dies könnte zum einen daran liegen, dass es den Schülern zum Teil schwer fiel, die Aufgabe in den Modellierungskreislauf einzuordnen, da sie laut eigenen Angaben gegen der Aussage der Lehrerin kaum Modellierungsaufgaben rechnen würden. Zum anderen könnten sie mit der Einordnung einfach überfordert gewesen sein, da es wie oben genannt den Schülern sehr schwer fiel, über ihr intuitives Verhalten und Vorgehen zu sprechen. Von den übrigen 50 Prozent ordnete nur ein Schüler sein intuitives Verhalten innerhalb der ersten Schritte im Modellierungskreislauf ein (Aufgabe vereinfachen). Die anderen vier Schüler wählten spätere Schritte aus, wie dem Diagramm in Abbildung 22 zu entnehmen ist.

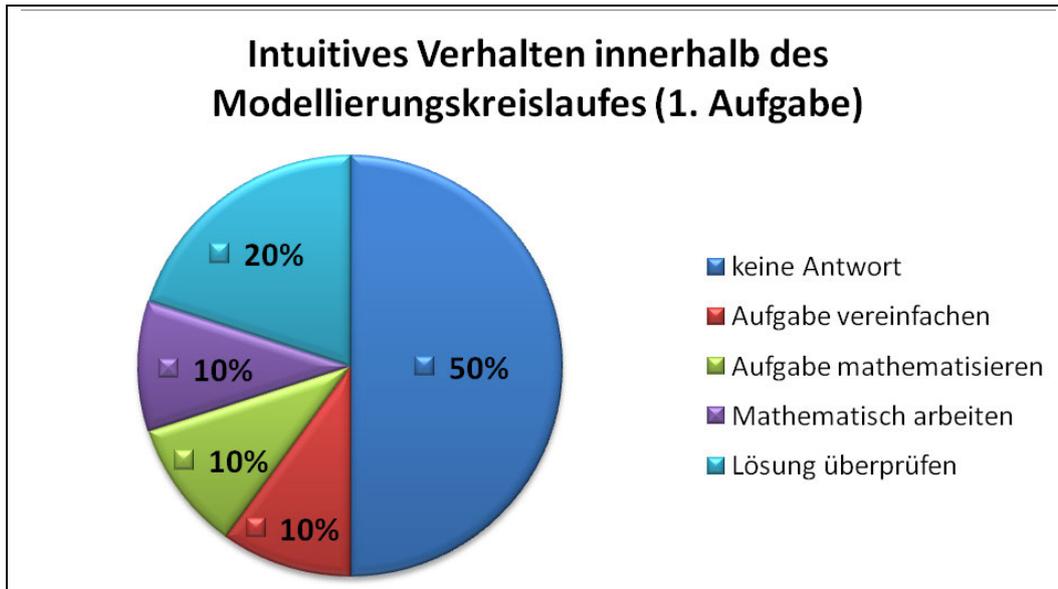


Abbildung 21: Einordnung des intuitiven Verhaltens in den Modellierungskreislauf (1. Aufgabe)

Bei der zweiten Aufgabe, die laut Schüleraussagen im Vergleich zur ersten Aufgabe weitaus schwieriger war, konnten bereits nur 30 Prozent der Schüler nicht antworten. Dies lässt vermuten, dass sie sich mit der Untersuchung und deren Vorgehensweise vertraut gemacht haben. Ein weiterer Aspekt könnte darin begründet sein, dass sich die Schüler über die Untersuchung und deren mögliche Ziele ausgetauscht haben. Die Streuung ihrer Einschätzungen ist im Vergleich zur ersten Modellierungsaufgabe wesentlich breiter angelegt. Oftmals hatten die Schüler an mehreren Schritten des Modellierungskreislaufes intuitive Einfälle oder konnten nicht exakt sagen, wo genau sie intuitiv vorgegangen sind. Die Vielfalt der Antworten sind in Abbildung 22 dargestellt, um das Diagramm übersichtlich zu halten, wurden bewusst die 30 Prozent der Schüler, die keine Angaben geben konnten, weggelassen.

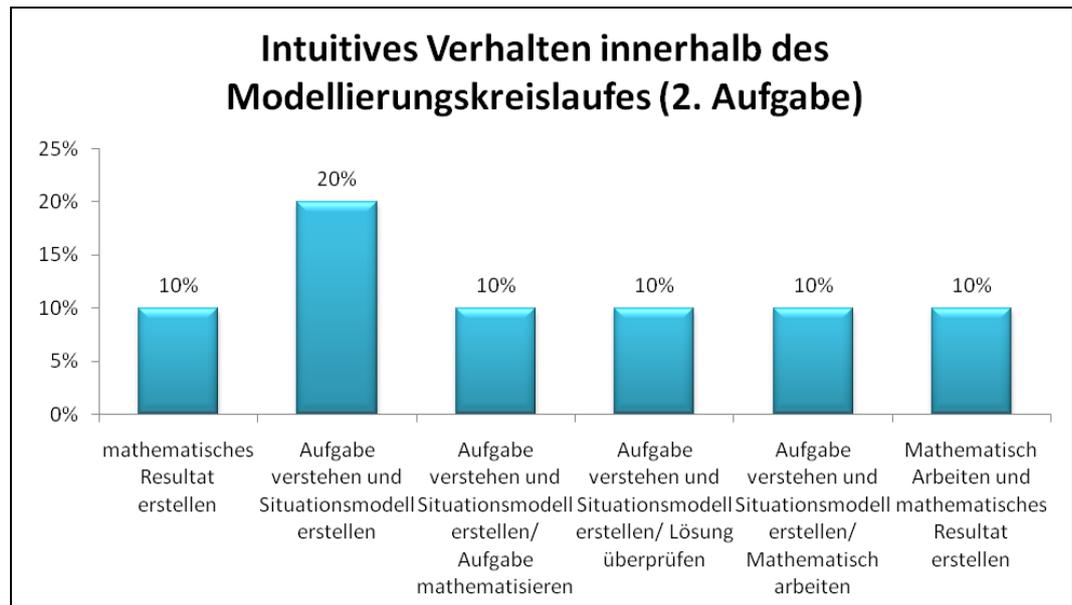


Abbildung 22: Einordnung des intuitiven Verhaltens in den Modellierungskreislauf (2. Aufgabe)

Um eine bessere Übersicht zu erhalten, wurden die einzelnen Antworten zu drei Überkategorien zusammengefasst. Hierbei wurden die einzelnen Interviews nochmals genau überprüft und die erste, beziehungsweise deutlichere Feststellung wurde kategorisiert. Es ergibt sich somit, dass 50 Prozent der Schüler ihr intuitives Verhalten innerhalb der ersten Schritte im Modellierungskreislauf einordnen würden. Hierbei fällt auf, dass der Schritt die Aufgabe verstehen und ein Reales Modell erstellen sehr häufig geantwortet wurde. Es zeigt sich, dass ein Teil der Schüler in den späteren Schritten (mathematisch Arbeiten) des Modellierungskreislaufes auch noch intuitiv vorgeht.

Die Ergebnisse, die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Untersuchung, weisen Parallelen in Bezug auf die implizite Entscheidungsfindung innerhalb des Situationsmodells mit der von Borromeo Ferri und Lesh (2012) durchgeführten Forschung zu impliziten Modellen im Modellierungskreislauf auf. Des Weiteren ergibt sich eine weitere Parallele zu der von Borromeo Ferri und Lesh erkannten Annahme, dass implizite Modelle von Schülern auch an anderen Stellen des Modellierungskreislaufes festgestellt werden können beziehungsweise erneut auftreten können.

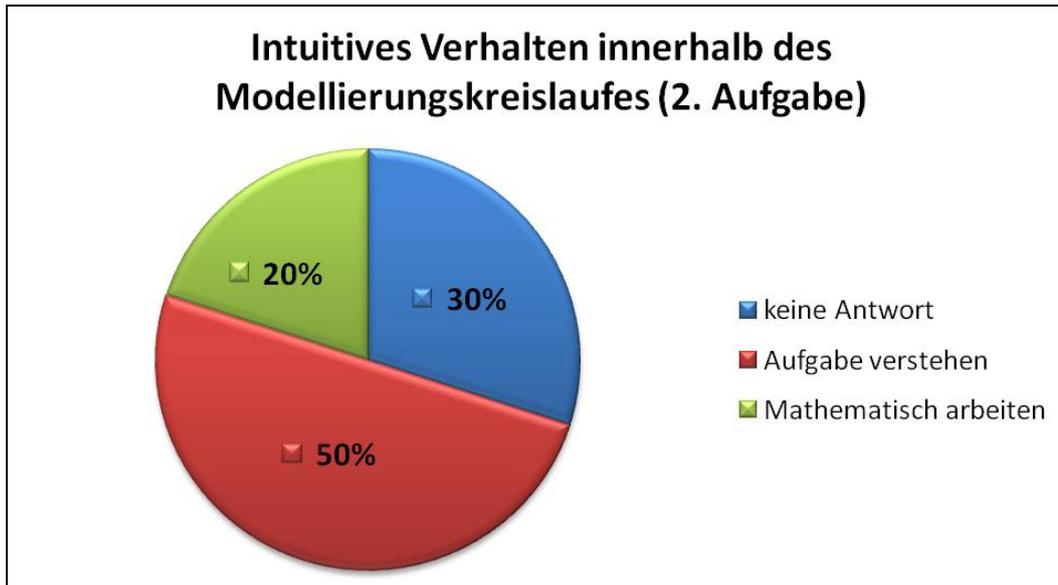


Abbildung 23: Kategorisierte Einordnung des intuitiven Verhaltens in den Modellierungskreislauf (2. Aufgabe)

Hypothesengenerierung I-3:

Es konnte generiert werden, dass die meisten Schüler ihr intuitives Verhalten bei beiden Modellierungsaufgaben unterschiedlich benennen.

Die Ergebnisse zur dritten Hypothesengenerierung lassen deutlich erkennen, dass 90 Prozent der Schüler ihr intuitives Verhalten bei beiden Modellierungsaufgaben unterschiedlich benennen. Bei den zehn Prozent, die nicht übereinstimmen, handelt es sich um eine Schülerin, die für eine fehlende Schülerin eingesprungen ist und einem Schüler, der auf Grund des Stundenausfalls die zweite Aufgabe nicht bearbeitet hat. So können die zehn Prozent nicht als Ausreißer klassifiziert werden, sondern dürfen nicht weiter beachtet werden, da es bei beiden Schülern keine Vergleichswerte gibt. Der Korrektheit halber wurden ihre Werte nicht aus dem Diagramm eliminiert. Die folgende tabellarische Übersicht der Interviewergebnisse zeigt die einzelnen Antworten der Schüler auf die Frage, wie sie ihr unbewusstes Vorgehen benennen würden:

Name	Beschreibung der Intuition (Aufgabe 1)	Beschreibung der Intuition (Aufgabe 2)
Agirl	Komisches Gefühl im Gedächtnis	Intuitives Gefühl
Aloha	Intuition	Unbewusstes Vorgehen
Ashley	Zufall aus dem Unterbewusstsein	Unbewusste Blitzidee
Boss	Unterbewusstsein	Stundenausfall
Cassie	Bauchgefühl	Impuls
Epic	Unterbewusstsein	Herausplatzen
Fame	Blitz	Irgendwas unbewusstes
Cool	Vision	Logik
Jung	Datenverlust	Stundenausfall
Marry	Geistesblitz	Bauchgefühl
Mc Fly	Lichtblick	Klack/ Blitzgedanke
Nele	Datenverlust	Fehlen
Lara	Ersatz für Nele	Unbewusster Gedanke

Tabelle 6: Tabellarische Übersicht der Subkodes zur Intuition beider Aufgaben

Im Folgenden werden nun deutliche Unterschiede der einzelnen Schülerantworten detailliert dargestellt:

Der Schüler Cool sagt bei der ersten Aufgabe, er habe eine Vision gehabt, bei der zweiten Aufgabe beschreibt er allerdings sein Vorgehen als reine Logik (vgl. Cool 1: Z.28 und Cool 2: Z. 22).

Der Schüler Aloha beschreibt sein Vorgehen bei der ersten Aufgabe als pure Intuition und bei der Bearbeitung der zweiten Aufgabe geht er einfach nur unbewusst vor und kann es nicht benennen (vgl. Aloha 1: Z.11 und Aloha 2: Z.42 ff).

Die Schülerin Ashley beschreibt bei der ersten Aufgabe, sie habe etwas zufällig aus dem Unterbewusstsein wahrgenommen und bei der zweiten Aufgabe sei ihr ein Zug durch den Kopf gekommen, der ihr eine unbewusste Blitzidee geliefert hat (vgl. Ashley 1: Z. 108ff und Ashley 2: Z. 90ff).

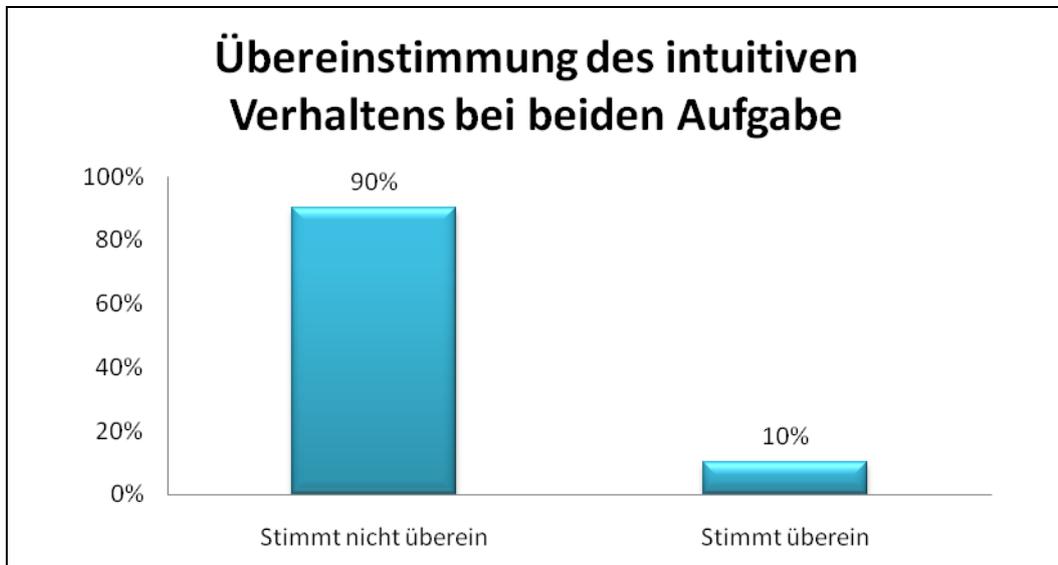


Abbildung 24: Übereinstimmung des intuitiven Verhaltens bei beiden Aufgaben

Zusammenfassend können die Annahmen von Ruthenbeck (2004), die in Kapitel 2.1.1.2 dargestellt werden, an dieser Stelle der Arbeit bestätigt werden. Die Intuition scheint diffus und schwierig wahrzunehmen zu sein. Sie tritt in Kombination mit Bildern, Gefühlen oder verbalen Wahrnehmungen auf, welches durch die oben genannten Schüleraussagen bestätigt werden kann.

Hypothesengenerierung I-4:

Es kann rekonstruiert werden, dass alle Schüler ihr intuitives Verhalten bei beiden Modellierungsaufgaben unterschiedlich im Modellierungskreislauf einordnen.

Zu der vierten Hypothesengenerierung lässt sich sagen, dass kein einziger Schüler sein intuitives Verhalten bei beiden Modellierungsaufgabe an den gleichen Stellen des Modellierungskreislaufes eingeordnet hat. Da dieses Ergebnis so eindeutig ist, wird an dieser Stelle auf ein Diagramm verzichtet. Die einzelnen Antworten der Schüler befinden sich in der nun folgenden tabellarischen Übersicht:

Name	Einordnung der 1. Aufgabe in den Modellierungskreislauf	Einordnung der 2. Aufgabe in den Modellierungskreislauf
Agirl	Keine Angabe	Mathematisches Resultat erstellen
Aloha	Mathematisch arbeiten bis hin zu reales Resultat erstellen	Aufgabe verstehen & Situationsmodell Erstellen
Ashley	Keine Angabe	Keine Angabe
Boss	Lösung überprüfen	Stundenausfall
Cassie	Keine Angabe	Aufgabe verstehen & Situationsmodell erstellen und irgendwann ab Aufgabe mathematisieren
Epic	Aufgabe vereinfachen & Reales Modell erstellen	Aufgabe verstehen und Situationsmodell erstellen & Lösung überprüfen
Fame	Lösung überprüfen	Aufgabe verstehen und Situationsmodell Erstellen
Cool	Aufgabe mathematisieren & Mathematisches Resultat erstellen	Keine Angabe
Jung	Datenverlust	Stundenausfall
Lara	(Ersatz für Nele)	Keine Angabe
Marry	Keine Angabe	Aufgabe verstehen und Situationsmodell erstellen & Mathematisch arbeiten

Mc Fly	Keine Angabe	Mathematisch arbeiten & Mathematisches Resultat erstellen
Nele	Datenverlust	Fehlt; Ersatz Lara-Lu

Tabelle 7: tabellarische Übersicht der Subkodes zur Einordnung der Intuition im Modellierungskreislauf

Wie schon oben erwähnt, zeigt sich eine breite Spanne in den einzelnen Antwortmöglichkeiten. Zwei mögliche Erklärungen für dieses Antwortverhalten können in Anlehnung an Ernst (1987) und Ruthenbeck (2004) gegeben werden: Auf der einen Seite könnten die verschiedenen Antworten daher zustande gekommen sein, weil die Intuition bei den Schülern immer vorhanden ist, aber kaum bewusst wahrgenommen wird. Auf der anderen Seite könnte es daran liegen, dass den Schülern plötzlich Gedanken in den Kopf kommen, die zur Lösung der Aufgabe führen.

Hypothesengenerierung I-5:

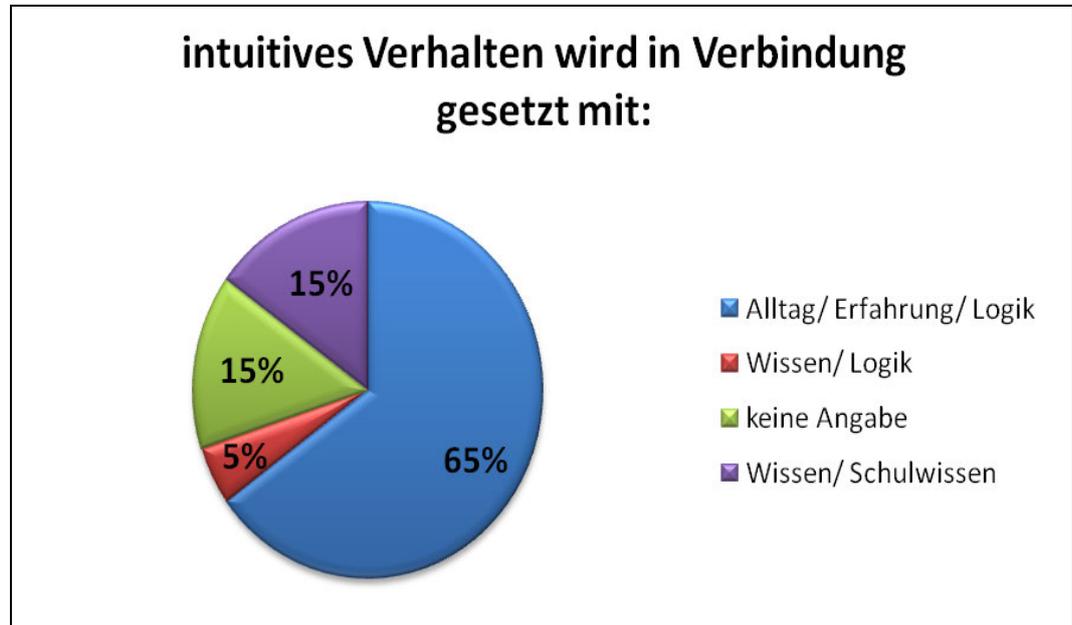
Es konnte rekonstruiert werden, dass fast alle Schüler ihr intuitives Vorgehen mit Fachwissen, Alltagswissen oder Erfahrungen in Beziehung setzen.

Erstaunlicher Weise konnte hier festgestellt werden, dass 85 Prozent der Schüler ihr unbewusstes, intuitives Vorgehen mit Fachwissen, Alltagswissen oder Erfahrungen in Beziehung setzen. Einige Schüler gaben sogar Logik als möglichen Grund an. Da hier wieder einige Schüler mehrere Antwortmöglichkeiten angaben oder kombinierten, wurden die Antwortmöglichkeiten zu den in Abbildung 25 dargestellten Kategorien zusammengefasst. Lediglich 15 Prozent der Schüler konnten keine Angaben machen, wo ihr unbewusstes, intuitives Vorgehen herrührt. 65 Prozent der Schüler sehen ihr intuitives Vorgehen in Verbindung mit Alltagswissen, Erfahrung und Logik. Einige können diese Verbindung sogar sehr gut erklären, welches durch die zwei folgenden Zitate erkennbar ist:

Fame antwortet auf die Frage, welches Wissen er anwendet: „mehr das Schulwissen, jetzt so mit den ganzen Jahren, hab ich ja Erfahrung mit dem Ganzen und Mathe mach ich ja auch eigentlich gern, deswegen überlege ich auch immer so über die Sachen und das

mit den ganzen Jahren, dass ist ja so die Erfahrung“ (vgl. Fame 2: Z).

Eppic antwortet auf die Frage: „also große Menschenmengen, sag ich jetzt mal, die kann man ja in der Stadt und überall sehen (...) also große Anhäufungen von Menschen sehe ich halt öfter (...). Deswegen denke ich auch, dass das mit Erfahrung dann auch passt“ (vgl. Epic 2: Z. 82-87).



Abbildungen 25: Bereiche, die mit intuitiven Verhalten in Verbindung gesetzt werden

Da bei fast allen Schülerantworten intuitives Verhalten mit Alltag, Erfahrung, Logik oder Wissen korreliert, können die gewonnenen Ergebnisse durch die Annahmen von Simon (1989), dass die Basis der Intuition beziehungsweise von intuitiven Verhalten die Nutzung von Erfahrung bildet, bestätigt werden. Sie bestätigen auch die These von Schneider (2004), dass breites Wissen intuitive Entscheidungen erhöht.

4.3 Ergebnisse der Fragebögen

Das Einsetzen des Fragebogens lässt keine Hypothesengenerierung zu, da die Antworten der Schüler sehr oberflächlich sind und nicht ihr unterbewusstes Handeln und ihre unterbewussten Gefühlen oder Gedanken geschweige denn ihre Intuitionen widerspiegeln. Sie geben häufig Antwort-

ten in einem Satz an, die zwar Interpretationen zulassen, dieses aber in der vorliegenden Arbeit nicht verlangt wird. Ausführlichere Antworten gaben die Schüler nur bei den Fragen, welche Noten sie sich geben würden oder ob die Aufgabe leicht oder schwer sei, an. Hier einige Beispiele:

Wie bist du zu einem Lösungsansatz gekommen?

Die Formelsammlung hat uns sehr geholfen, ohne sie hätten wir es bestimmt nicht geschafft.

Abbildung 26: Fragebogen1 von Agirl

Was hat dir gesagt, dass du auf dem richtigen/ falschen Weg bist?

Nichts :D

Das einzige, das mich beruhigt hat, war, dass wir die Hauptfrage beantwortet hatten (mit Schätze, wie viele Kugeln in das Glas passen $\rightarrow 10$).

Abbildung 27: Fragebogen 1 von Ashley

Wie bist du zu einem Lösungsansatz gekommen?

Ich hab das Volumen vom Glas und vom Bonbon berechnet und anschließend das vom Bonbon durch das Glas geteilt.

Abbildung 28: Fragebogen 1 von Boss

Woher wusstest du, dass du mit der Aufgabe fertig bist?

Wir hatten das Ergebnis errechnet. :D

\rightarrow Wir hatten raus bekommen, dass 16 Bonbons in das Glas passten.

Abbildung 29: Fragebogen 1 von Marry

Begründe welche Note du dir selbst in Mathematik geben würdest!

Ich würde mir selbst eine 2 geben, denn ich habe fast immer mein Hausaufgaben vollständig & melde mich auch regelmäßig, egal ob bei Hausaufgaben vergleichen, oder bei Fragen oder...

Für ein 1 reicht es jedoch nicht, weil manchmal die Arbeiten etwas schlechte sind...

Abbildung 30: Fragebogen 1 von Nele

War die Aufgabe eher leicht oder schwer für dich?

Da ich erkannte, dass es keine genaue und korrekte Lösung für diese Aufgabe gibt (zumindest nicht mit den Informationen die ich zur Verfügung hatte) empfand ich es eher als leicht, da ich nur keine völlig falsche Antwort hätte geben dürfen. So gesehen hätte ich auch nur eine realistische Zahl schätzen können.

Abbildung 31: Fragebogen 1: Epic

Woher wusstest du, dass du mit der Aufgabe fertig bist?

Als wir eine \neq realistische Zahl hatten, die mit dem Größenverhältnis einigermaßen übereinstimmen könnte.

Abbildung 32: Fragebogen 2: Cassie

Woran hast du bei den einzelnen Schritten des Modellierungskreislaufes gedacht?

Ich habe gedacht bzw gehofft das ich es richtig mache und wie ich das Bildlich darstellen kann, also die Formel im Bild erscheinen zu lassen.

Abbildung 33: Fragebogen 2: Mc Fly

Vertraust du deiner Lösung oder deinen Ideen?

Ich denke schon...

Abbildung 34: Fragebogen 2: Marry

Woran hast du bei den einzelnen Schritten des Modellierungskreislaufes gedacht?

Ich hatte daran gedacht wie ich weiter vorgehen wollte und ob dies auch in den Modellierungskreislauf passt. Außerdem empfand ich es als eine recht hilfreiche stütze beim Lösen der Aufgabe.

Abbildung 35: Fragebogen 2: Epic

Woher wusstest du, dass du mit der Aufgabe fertig bist?

Als ich schließlich das Ergebnis in die Originalgröße umgerechnet habe und nochmal drüber nachgedacht habe und mir eigentlich nichts besseres eingefallen ist.

Abbildung 36: Fragebogen 2: Mc Fly

Wie bist du zu einem Lösungsansatz gekommen?

Sch dachte mir einfach Volumen des Beckers
geteilt durch Volumen des Bonbons, dafür musste
ich jedoch erst alle ~~Stücke messen~~ Längen messen.

Abbildung 37: Fragebogen 2: Fame

Es zeigt sich des Weiteren, dass es, wie oben schon erwähnt, den Schülern auch hier sehr schwer fällt, ihre Gedanken und ihr unbewusstes Vorgehen zu ordnen und wiederzugeben. Dies könnte zum einen an den Fragen liegen oder zum anderen daran, dass den Schülern ihr unbewusstes Vorgehen beziehungsweise ihre Intuitionen nicht wirklich bewusst sind und sie ihnen auf gezieltes Nachfragen erst in das Bewusstsein gelangen.

4.4 Ergebnisse der Videoaufnahmen

Bei der Videografie der Untersuchung, lies sich nur eine Hypothese rekonstruieren, diese wird im Folgenden ausführlich erläutert und dargelegt.

Hypothesengenerierung V-1:

Es konnte generiert werden, dass bei keinem der gefilmten Schüler intuitive Vorgehensweisen mit Körperreaktionen einhergehen und somit die Intuitionen nicht sichtbar werden.

Die Annahmen von Damasio (1994) konnten mittels der bei dieser Untersuchung verwendeten Technik nicht verifiziert werden. Bei keiner Videoaufnahme konnten Körperreaktionen in Form von beispielsweise größer werdenden Augen oder das Heben eines Fingers der Schüler festgestellt werden. Dies lässt sich eventuell darin begründen, dass das intuitive Vorgehen der Schüler zum einen so unterbewusst ist, dass die Schüler es selbst kaum wahrnehmen oder sie ihre Gefühlsausbrüche vor der Kamera bewusst unterdrückt haben, weil es ihnen vielleicht unangenehm erschien oder es vor ihren Partnern peinlich vorkam. Ein weiterer Aspekt ist natürlich, dass es sich hierbei um eine kleine empirische Untersuchung handelt, bei der keine medizinischen Geräte wie zum Beispiel das Elektroenzephalogramm zum Einsatz kamen, welche die Reaktionen hätten messen kön-

nen .

Die Signale, die von den Schülern ausgesendet wurden und von mir beobachtet wurden und als intuitiv interpretiert wurden, lagen immer in verbaler Form vor. Diese Signale beziehungsweise Aussagen wurden bereits im anschließenden Interview von mir aufgegriffen und hinterfragt. Hierzu werden nun jeweils deutliche Beispiele aufgezeigt:

Bei der Bearbeitung der ersten Modellierungsaufgabe:

Ashley äußerte sich bei Bestimmung der Größen für das Bonbon indem sie sagte: „Eine kleinere Kugel passt besser in den Mund.“ Auf Nachfragen erzählte sie, dass sie sofort an eine Kugel aus dem Kaugummiautomaten gedacht hat und eher zufällig passierte (vgl. Ashley 2: Z. 37-41).

Nachdem Boss ein Ergebnis für die Aufgabe errechnet hatte, fiel ihm auf : „Nee, die [Bonbons] liegen nicht alle aufeinander“ und „die haben Abstände“. Auch bei diesen Äußerungen konnte keine Körperreaktion festgestellt werden. Der Schüler gibt später an, „dass ist auch alles so im Unterbewusstsein gewesen“ (Boss 1: Z. 80-83).

Bei der Bearbeitung der zweiten Modellierungsaufgabe:

Agirl wiederholte mehrere Male, nachdem sie ihr Ergebnis ausgerechnet hatte: „Das kann nicht sein“. Ihr erschien ihr Ergebnis sehr komisch und äußerte später sie hätte einfach ein komisches intuitives Gefühl bei der Lösung bekommen. (vgl. Agirl 2: Z. 9-29). Sichtbar ist das komische intuitive Gefühl der Schülerin nicht gewesen.

Fame sagte zum Ende der Aufgabenbearbeitung sehr spontan: „Ich würde Meter nehmen“. Der Schüler erklärte im Interview, dass er die Aufgabe in Zentimeter gelöst hat und die Reichstagskuppel ja keinesfalls ein Volumen von Kubikzentimeter habe, dieses wüsste er auch aus Erfahrung.

Cool äußerte auf einmal bei der Findung seines Lösungsansatzes: „Wir könnten auch nen (!) Viereck ausrechnen und dann ein Dreieck abziehen“. Der Schüler erklärte, dass sich erinnert habe, so etwas schon früher im Unterricht gerechnet zu haben (vgl. Cool 2: Z. 42-50).

5 Zusammenfassung und Perspektiven

Im letzten Teil dieser Examensarbeit werden nun die wesentlichen Ergebnisse der empirischen Annäherung reflektiert und dargestellt, um dann mit dem Kapitel der Perspektiven, welches verschiedene weitere Ansätze zur Untersuchung der Intuition im Bereich des Mathematischen Modellierens aufzeigt, die Arbeit abzuschließen.

5.1 Zusammenfassung

Mittels der vorliegenden Untersuchung konnten folgende Hypothesen aus dem Bereich der Intuition beim Mathematischen Modellieren generiert werden:

- Es konnte rekonstruiert werden, dass die interviewten Schüler unbewusstes Handeln feststellen. In diesem Zusammenhang konnte zudem generiert werden, dass nur wenige Schüler dieses unbewusste Handeln mit intuitiven Handeln beziehungsweise der Intuition gleich setzen.
- Des Weiteren ließ sich rekonstruieren, dass sich intuitives Verhalten bei fast allen Schülern in den unterschiedlichsten Schritten des Modellierungskreislaufes erkennen lässt.
- Es konnte generiert werden, dass die meisten Schüler ihr intuitives Verhalten bei beiden Modellierungsaufgaben unterschiedlich benennen und dass alle Schüler ihr intuitives Verhalten bei beiden Modellierungsaufgaben unterschiedlich im Modellierungskreislauf einordnen.
- Es konnte zudem auch noch rekonstruiert werden, dass fast alle Schüler ihr intuitives Vorgehen mit Fachwissen, Alltagswissen oder Erfahrungen in Beziehung setzen.
- Darüber hinaus konnte generiert werden, dass bei keinem der gefilmten Schüler intuitive Vorgehensweisen mit Körperreaktionen einhergehen und somit die Intuitionen nicht sichtbar werden.

Es zeigte sich, dass die Intuitionen der Schüler am deutlichsten während

des nachträglichen lauten Denkens, welches in Form eines Interviews praktiziert wurde, zu erkennen ist. Während des Interviews konnten die Schüler ihre Lösungswege rekonstruieren und ihre Gedanken, die teils in Form von Intuitionen auftraten, formulieren und erklären. Die Antworten des Fragebogens stellen deutlich dar, dass den Schülern hier das Erklären der Lösungsideen und der Lösungen schwer fiel. Es fällt weiterhin auf, dass die Schüler die Fragen oft sachlich beantworteten und nicht versucht haben, ihre Gefühle oder Gedanken zu beschreiben. Durch die Videografie konnte ich keine sichtbaren Schlüsse zur Rekonstruktion der Intuition ziehen.

Insgesamt kann ich nun die Rolle der Intuition beim Mathematischen Modellieren als unbewussten Zwischenstopp im Bereich verschiedenster bewusster Rechenoperationen definieren. Somit bildet die Rolle der Intuition den Schritt bei dem die Schüler verharren und erfahrungsbasiert die Richtung der nächsten Rechnungen festlegen, wenn verschiedene Rechenwege zur Auswahl stehen und das explizite Gedächtnis keine klare Aussage über das weitere Vorgehen zum Erzielen eines Ergebnisses generieren kann.

5.2 Perspektiven

Da es sich bei der vorliegenden Arbeit um eine empirische Annäherung handelt, konnte hiermit eine Generierung zur Intuition beim Mathematischen Modellieren geschaffen werden. An einigen Stellen konnten diese Generierungen bereits zum Teil mittels der mir vorliegenden Theorie interpretiert und gedeutet werden.

Bei einer weiteren Untersuchung zur Rolle der Intuition beim Mathematischen Modellieren sollten meiner Meinung nach längere Zeiträume zwischen den einzelnen Erhebungsterminen liegen, damit die Schüler unvoreingenommen ihren Teil zur Untersuchung beitragen. Die größere zeitliche Differenz zwischen den Erhebungsterminen würde den Schülern nicht einen thematischen Zusammenhang suggerieren. Zudem sollte die

Anzahl der Schüler und die Anzahl der Aufgaben, die es zu bearbeiten gilt, erhöht werden, damit sich Schwankungen innerhalb der Einordnung der Intuition beim Modellieren und sich eventuelle Übereinstimmungen zur Einordnung der Intuition feststellen lassen können. Die Aufgaben, die es für die Schüler gilt zu bearbeiten, sollten meiner Ansicht nach weiterhin aus dem Wissensbereich der Schüler kommen, damit das Vorwissen und auch die Erfahrung der Schüler in Bezug zur Intuition gesetzt werden kann, da diese beiden Komponenten die Wahrscheinlichkeit der Intuition erhöhen. Des Weiteren gibt es den Schülern die Möglichkeit, die Intuition zu erkennen und von anderen bewussten Gefühlen abzugrenzen. Eine weitere Perspektive sehe ich in der Variation des Schwierigkeitsgrades der Aufgaben. Ich denke, dass sich je schwieriger die Aufgabe ist, die Schüler dahin gehend bewusst sind, ob sie bei der Lösung der Aufgabe geraten haben oder ob sie ihr unbewusstes Wissen beziehungsweise ihre Intuition eingesetzt haben. Einen letzten Verbesserungsaspekt sehe ich innerhalb des Einsatzes eines Fragebogens. Da ich festgestellt habe, dass die Schüler sehr darauf bedacht sind, korrekte Lösungen und auch Antworten zu finden, die sie auf ihr in der Schule gelerntes Wissen anwenden können, fällt es ihnen schwer beziehungsweise ist es sehr neu für sie über ihr Vorgehen und ihre Gedanken zu schreiben. Daher denke ich, dass es besser wäre, den Fragebogen in Form von multiple choice Antworten zu gestalten, damit dieser verwertet werden kann.

Literaturverzeichnis

- Beck, C. & Jungwirth, H. (1999): Deutungshypothesen in der interpretativen Forschung. In: Journal für Mathematikdidaktik, Jg. 20, Heft 4, Seite 231-259.
- Blum, Werner (1985): Anwendungsorientierter Mathematikunterricht in der didaktischen Diskussion. In: Behnke, H. & Toeplitz, O. (Hrsg.): Mathematische Semesterberichte, Band 23, Heft 2, Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, S. 195-232.
- Blum, W. & Leiß, D. (2005): Modellieren im Unterricht mit der Tankenaufgabe. In: Mathematik lehren, 128, S. 18-21.
- Borromeo Ferri, Rita (2011): Wege zur Innenwelt des mathematischen Modellierens. Kognitive Analysen zu Modellierungsprozessen im Mathematikunterricht. Wiesbaden: Vieweg und Teubner.
- Borromeo Ferri, R. & Lesh, R. (2012): Should Interpretation Systems be Considered to be Models if They only Function Implicitly?, ohne Ort und Verlag.
- Bortz, Jürgen/ Döring, Nicola (2006): Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler. Heidelberg: Springer.
- Büchter, A. & Leuders, T. (2005): Mathematikaufgaben selbst entwickeln. Lernen fördern – Leistungen überprüfen. 2. Auflage. Berlin: Cornelsen.
- Damasio, A. (1994): Descartes' Irrtum. Fühlen, Denken und das menschliche Gehirn. München: dtv.

- Davis, P.J./ Hersh, R. (1994): Erfahrung Mathematik. Berlin: Birkhäuser.
- Ernst, H. (1987): Intuition: Die plötzliche Erkenntnis. In: Psychologie heute, Heft 14 (11), S. 20-28.
- Flick, Uwe (1995): Stationen des qualitativen Forschungsprozesses. In: Flick, U./ Kardorff, E. v./ Keupp, H./ Rosenstiel, L. v./ Wolff, S. (Hrsg.): Handbuch Qualitative Sozialforschung. Grundlagen, Konzepte, Methoden und Anwendungen. 2. Aufl. Weinheim: Psychologie Verlags Union, Seite 147-173.
- Flick, Uwe (2000): Qualitative Forschung. Theorie, Methoden, Anwendung in Psychologie und Sozialwissenschaften. 5. Auflage. Reinbek: Rowohlt.
- Hadamard, Jacques (1945): The Psychology of Invention in the Mathematical Field. Princeton: Princeton University Press.
- Häder, Michael (2006): Empirische Sozialforschung. Eine Einführung. Wiesbaden: VS Verlag.
- Hayes, J. R. (2010): Cognitive Processes in Creativity. In: Glover, J. A./ Ronning, R. R./ Reynolds, C. R. (Hrsg.): Handbook of Creativity. New York: Plenum Press, S. 135-147.
- Hinrichs, Gerd (2008): Modellierung im Mathematikunterricht. Heidelberg: Spektrum.
- Kelle, U. & Kluge, S. (1999): Vom Einzelfall zum Typus. Opladen: Leske und Budrich.

- Klappacher, C. (2006): Implizites Wissen und Intuition: Warum wir mehr wissen, als wir zu sagen wissen; die Rolle des impliziten Wissens im Erkenntnisprozess. Saarbrücken: VDM Müller.
- Klein, G. (2010): Sources of power: How people make decisions. 7. Auflage, Cambridge: MIT Press.
- Lexikon der Neurowissenschaft in vier Bänden. Zweiter Band (2000). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Maaß, Katja (2004): Mathematisches Modellieren im Unterricht. Ergebnisse einer empirischen Studie. Hildesheim: Franzbecker.
- Maaß, Katja (2007): Mathematisches Modellieren. Aufgaben für die Sekundarstufe I. Berlin: Cornelsen.
- Maier, Hermann (2000): Schreiben im Mathematikunterricht. In: Mathematik lehren, Heft 99, S. 10-13.
- Maier, H. & Beck, C. (2001): Interpretative mathematikdidaktische Forschung. In: Journal für Mathematikdidaktik, Jg. 22, Heft 1, Seite 29-50.
- Merkens, Hans (2002): Auswahlverfahren, Sampling, Fallkonstruktionen. In: Flick, U./ von Kardorff, E./ Steinke, I. (Hrsg.): Qualitative Forschung. Ein Handbuch. Reinbek: Rowohlt, S. 286-299.
- Monk, J. D. (1970): On the Foundations of Set Theory. In: American Mathematical Monthly 77, S. 703-711.

- Nelkin, N. (1996): Die Trennung phänomenaler Zustände von der Apperzeption. In: Metzinger, T. (Hrsg.): *Bewusstsein. Beiträge aus der Gegenwartsphilosophie*. Paderborn: Schöningh.
- Neuweg, G. H. (2004): *Könnerschaft und implizites Wissen: Zur lehrerlerna-theoretischen Bedeutung der Erkenntnis- und Wissenstheorie Michael Polanyis*. 3. Auflage, Münster: Waxmann.
- Ortlieb, C. P., v. Dresky, C., Gasser, I., Günzel, S. (2009): *Mathematische Modellierung. Eine Einführung im zwölf Fallstudien*. Studium. Wiesbaden: Vieweg.
- Pambuccian, V. (1992): *Mathematik, Intuition und die Existenzweise des Seins*. In: *Wissenschaft vom Menschen/ Science of Man. Jahrbuch der Internationalen Erich-Fromm-Gesellschaft* 3, S. 87-120.
- Polanyi, M. (1985): *Implizites Wissen*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Pollak, H. O. (1979): *The interaction between mathematics and other school subjects*. In: *New Trends in mathematics teaching*, 4, S. 232-248.
- Risse, T. (2006): *Zur Rolle der Intuition in der Mathematik-Ausbildung*. In: *Global J. of Engng. Edu.*, Vol.9, No. 4, P. 1-5.
- Ruthenbeck, Frank (2004): *Intuition als Entscheidungsgrundlage in komplexen Situationen*. Münster: Monsenstein & Vannerdat.
- Schanz, G. (2006): *Implizites Wissen: Phänomen und Erfolgsfaktor, neurobiologische und soziokulturelle Grundlagen, Möglichkeiten problembewussten Gestaltens*. München: Hampp.

Schneider, W. (2011): Früherkennung und Intuition. Wiesbaden: Gabler.

Simon, H. A. (1989): Models of thought. New Haven: Yale University Press.

Skemp, Richard R. (1986): The Psychology of Learning Mathematics. 2. Auflage. Harmondsworth: Penguin Books Ltd.

Strauss, A. & Corbin, J. (1996): Grounded Theory: Grundlagen Qualitativer Sozialforschung. Weinheim: Psychologie Verlags Union.

Traufetter, G. (2008): Intuition: Die Weisheit der Gefühle. Reinbek: Rowohlt.

Zeuch, A. (2004): Training professioneller intuitiver Selbstregulation: Theorie, Empirie und Praxis. Schriftenreihe Studien zur Erwachsenenbildung. Hamburg: Kovac.

Internetquellen

Hessisches Kultusministerium (2012a): Lehrplan Mathematik. Bildung-

sgang Realschule. URL:

http://www.hessen.de/irj/HKM_Internet?cid=f1e079cc428af80d07f4fe2db20fe301 (22.08.2012)

Hessisches Kultusministerium (2012b): Lehrplan Mathematik. Bildung-

sgang Hauptschule. URL:

http://www.hessen.de/irj/HKM_Internet?cid=770244b3f3f61faf79f08f0f0db32a30 (22.08.2012)

Hessisches Kultusministerium (2012c): Lehrplan Mathematik. Bildung-

sgang Gymnasium. URL:

http://www.kultusministerium.hessen.de/irj/HKM_Internet?uid=3b43019a-8cc6-1811-f3ef-ef91921321b2 (22.08.2012)

Käpnick, Friedhelm (2006): Intuitionen – ein häufiges Phänomen beim

Problemlösen mathematisch begabter Grundschul Kinder. URL:

<http://www.mathematik.tu-dortmund.de/ieem/cms/media/BzMU/BzMU2007/Kaepnick.pdf>
(01.09.2012)

Duden online (2012): Begriffserklärung Apperzeption. URL:

<http://www.duden.de/rechtschreibung/Apperzeption> (08.10.2012)

Anhang

Anhang 1: Einverständniserklärung

Anhang 2: Fragebogen

Anhang 3: Transkripte aller Interviews

Anhang 1: Einverständniserklärung

Liebe Eltern,
liebe Schülerinnen und Schüler,

mein Name ist Steffi Tecklenburg und ich untersuche im Rahmen meiner wissenschaftlichen Examensarbeit der Universität Kassel die Rolle der Intuition beim Mathematischen Modellieren. Dazu werde ich einige Schüler und Schülerinnen in der 35. Kalenderwoche beim Bearbeiten von Modellierungsaufgaben filmen, ihnen einen Fragebogen austeilen und sie interviewen.

Die gesamten gewonnenen Erkenntnisse und das komplette Filmmaterial werden nur im Rahmen meiner wissenschaftlichen Arbeit verwendet. Sie werden **nicht** veröffentlicht und sehr vertraulich behandelt.

Bitte geben Sie mir ihr Einverständnis dazu, indem sie Ihrer Tochter/ Ihrem Sohn den unteren Abschnitt bis zum **Freitag, 24.08.2012** unterschrieben mit in die Schule geben.

Vielen Dank und liebe Grüße
Steffi Tecklenburg

Ich / Wir erkläre/n hiermit mein/unser Einverständnis, dass

Vorname _____ Name _____

geb. am _____

für die wissenschaftliche Examensarbeit von Steffi Tecklenburg

gefilmt werden darf, interviewt werden darf und fotografiert werden darf.

Ort, Datum

Schüler/in

Erziehungsberechtigte/r

Anhang 2: Fragebogen

Fragebogen zu Deinem Denken bei der Lösung von Mathematikaufgaben

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

ich möchte gerne erfahren, was Schüler und Schülerinnen beim Lösen von Mathematikaufgaben denken. Es interessiert mich sehr, wie DU mathematische Probleme löst. Du bist die beste Expertin/ beste Experte für Deine Art und Weise, wie du Mathematik betreibst und was in Deinem Kopf dabei vorgeht.

Ich möchte Dich daher bitten, den Fragebogen gewissenhaft und ausführlich zu beantworten, da es sehr schade wäre, wenn Deine Gedanken verloren gehen.

Dieser Fragebogen ist kein Test. Deine Lehrerin wird nicht einsehen und auch nicht erhalten. Er wird nur von mir ausgewertet und alle Angaben werden anonym behandelt. *Vielen Dank für Deine Mithilfe ☺*

Wie wird der Fragebogen ausgefüllt?

Die meisten Fragen geben keine Antwort vor. Beantworte sie bitte schriftlich und versuche sie so ausführlich wie möglich zu begründen.

Hier ein Beispiel:

Hast du schon ähnliche Aufgaben gerechnet?

Ja, ich löse seit der 5. Klasse Modellierungsaufgaben. Die Aufgaben passen immer zum Schulstoff, den wir gerade durchnehmen. Manchmal empfinde ich sie als sehr leicht.

Gehe so vor:

Beantworte die Fragen ausführlich

Versuche dabei sauber und ordentlich zu schreiben

Lies jede Frage genau durch

Bitte kreuze nun das Zutreffende an und ergänze die weiteren Angaben:

Mein Phantasie-Name: _____

Ich bin ein Mädchen.

Ich bin ein Junge.

Alter: _____ Klasse: _____ letzte Zeugnisnote in Mathematik: _____

Anhang 3: Transkripte aller Interviews

1 **Agirl 1**

2 S: Beschreib mir doch einfach mal, wie du so vorgegangen bist, als du die Aufga-
3 be bearbeitet hast.

4 A: Jetzt nur auf mich bezogen oder wie?

5 S: Nur auf dich bezogen.

6 A: Naja ich hab als erstes gezeichnet. Also, ja. Und dann habe ich so gedacht,
7 okay ,was ist das für `ne Form. Weil ich habe gedacht, ich hab von Anfang an
8 gedacht, dass man ne Formel anwenden muss und so.

9 S: Warum hast du das von Anfang an gedacht, dass du Formeln anwenden musst.

10 A: Naja weil das nen Körper ist.

11 S: Weil das nen Körper ist und was hat dir im Inneren gesagt, dass das [überlegt]
12 da müssen Formeln angewendet werden. Kannste das beschreiben?

13 A: Äh, das haben wir so gelernt.

14 S: Das habt ihr so gelernt?

15 A: Also wenn man Körper hat und wie ja. [Überlegt] einfach so, weil das [weiß
16 nicht weiter].

17 S: Du hast das mal so gelernt?

18 A: Ja.

19 S: Und jetzt machst du das einfach so. Wenn du nen Körper siehst?

20 A: Denke ich an Formeln und weil man muss das da ja rein, dann hab ich gedacht
21 ok, dann muss man das ausrechnen von Flächeninhalt und dann den und das ir-
22 gendwie so kombinieren, dass da so rauskommt wie viele da reinpassen.

23 S: Okay, und dass dieses „man muss das so kombinieren“, das hat dir/ wie was hat
24 dir den Anlass dazu gegeben, man muss das so kombinieren?

25 A: Weil das muss ja da rein.

26 S: Weil das da rein muss. Okay. Weil das da rein muss, heißt das noch nicht
27 gleich: Ich muss das teilen, das Volumen durch das andere. Wie bist du denn dar-
28 auf gekommen, dass du das teilen musst?

29 A: Puh [überlegt] kam einfach.

30 S: Das kam einfach, wie kam das denn, versuch mal deine Gedanken [A unterb-
31 richt].

32 A: Naja das ist im Gedächtnis.

- 33 S: Das ist also im Gedächtnis. Und wie kam das dann zum Ausbruch? Jetzt muss
34 ich teilen? Kam das dann so?
- 35 A: Puh, nö, ich hab nur geteilt.
- 36 S: Haste das mehr wahrgenommen, dass du teilst oder war es unbewusst? Weißt
37 du was ich meine?
- 38 A: Ja, also es war eher unbewusst. Also war einfach, ja ok, es war einfach, ich
39 wusste auch nicht ganz genau ob es richtig ist aber ich hab so gedacht, ok wenn
40 man das jetzt teilt ist das das Logischste und dann habe ich das gemacht.
- 41 S: Okay, und du hast ja gesagt du wusstest erst noch nicht ob das richtig war was
42 hat dir denn gesagt, dass das richtig ist oder falsch ist. Kannste das mal versuchen
43 zu beschreiben?
- 44 A: Als ich das raus hatte habe ich gedacht, das könnte auch auf die Realität zutref-
45 fen dann habe ich gedacht: Joh!
- 46 S: Wenn das auf die Realität zu trifft, hast du dir das dann vorgestellt oder?
- 47 A: Ja.
- 48 S: Oder haste selber mal [A unterbricht].
- 49 A: Ja, wir hatten ja das Bild, und dann habe ich gedacht ja ok von diesen Kugeln
50 die sind ungefähr so groß und man hat ja schon mal son glas gesehen mit irgend-
51 was drinne.
- 52 S: Ja?
- 53 A: Und dann kann man sich das ja vorstellen.
- 54 S: Du hast dir das vorgestellt?
- 55 A: Ja.
- 56 S: Ob das so passt oder nicht [überlegt] nicht und gedacht? So, dass das so [über-
57 legt] versuch noch mal zu beschrieben, wie du das dann so [überlegt] wie du drauf
58 gekommen bist, dass du dir das so vorstellst, kam dir dass dann so in den Sinn:
59 „Ich stell mir das vor“, war das so bewusst oder unbewusst?
- 60 A: Nö ich hab einfach nur mir das vorgestellt.
- 61 S: Okay.
- 62 A: Mir war nicht bewusst okay, ich muss mir das jetzt genau vor Augen halten
63 sondern [S. unterbricht].
- 64 S: Sondern das ist einfach so gekommen, okay.
- 65 A: Ja.

- 66 S: Daran machst du fest, dass das Ergebnis so passen würde?
- 67 A: Ja, man kann es aber auch noch rechnerisch machen aber das habe ich nicht
68 gemacht.
- 69 S: Das brauchst du ja nicht, das ist ja okay, gut. Und ähm, wenn du dir jetzt so von
70 Anfang bis zum Ende noch mal überlegst wie du, was du da für Gedanken hattest.
- 71 A: Okay, zwischendurch war ich ein bisschen ratlos, weil wir, ich hatte nicht die
72 richtige Formel, irgendwie war mir das ein bisschen komisch.
- 73 S: Warum war dir das komisch?
- 74 A: Weil das hat irgendwie nicht mit ein aber gepasst.
- 75 S: Was?
- 76 A: Die Formel und wie das aussah, das hat irgendwie nicht zu dem Glas gepasst.
77 Wie das aussah.
- 78 S: warum meinst du das das nicht gepasst hat, was hat dir denn gesagt, dass das
79 nicht passt? Was hat dir gesagt: „Das passt nicht“?
- 80 A: Mein Kopf.
- 81 S: Ja, welches Gefühl, wie dein Kopf?
- 82 A: Ja ein komisches Gefühl: „Das passt einfach nicht!“
- 83 S: So vom Bauch raus? Das passt nicht?
- 84 A: Ja ich hab es ja gesehen, also ich hab gesehen, dass es nicht wirklich passt und
85 dann habe ich [überlegt] joah, was soll ich dazu sagen?
- 86 S: Gut! Ist doch super und das war dieser eine Gedanke, wo du meintest, das läuft
87 nicht so und dann lief es?
- 88 A: Ja und dann [denkt nach] nachdem ich die Formel gefunden habe und dann
89 habe ich gesehen ah ich hab Recht. Das passt viel besser.
- 90 S: Und was war das dann bei dir drin so fürn Gefühl?
- 91 A: Besser.
- 92 S: Besser. Und wie kam das so?
- 93 A: Das war so: „AAAA, Kick, da die Formel, das gibt jetzt alles einen Sinn“.
- 94 S: Okay, Super.

1 **Agirl 2**

- 2 S: Erklär mir mal, wie du heute vorgegangen bist?

- 3 A: Ähm, also wir haben uns erst die Aufgaben angeguckt, nach dem Modellie-
4 rungsdingens. Ähm dann haben wir jetzt gezeichnet einmal, so ´ne Skizze und
5 dann haben wir erstmal überlegt, wie wir das machen könnten und dann haben wir
6 im Regelwert nachgeguckt, ob´s da ´ne entsprechende Formel gibt und ähm dann
7 haben wir auch eine gefunden. Und dann haben wir auch erstmal die Längen, die
8 in der Formel sind gemessen und [überlegt] haben sie dann eingesetzt. Ja, dann
9 haben wir das ausgerechnet.
- 10 S: Und du hast dann öfter gesagt, das kann nicht sein.
- 11 A: Ja, weil dies, [überlegt] dieses Ergebnis war so komisch.
- 12 S: warum war das denn so komisch?
- 13 A: Dies war so entweder zu groß oder zu klein [überlegt] ich fand es hat nicht so
14 richtig auf die [überlegt] hat nicht zur Realität gepasst.
- 15 S: Warum hat das denn nicht gepasst?
- 16 A: Ja weil´s einmal zu klein und einmal zu groß war.
- 17 S: Und warum [überlegt] denkst du warum es zu klein oder zu groß war?
- 18 A: Weil [weiß nicht weiter].
- 19 S: Woran machst du das fest?
- 20 A: Ich war ja schon mal da [überlegt] und dann [überlegt] dann kann das nicht so
21 klein sein. Und man hat ja auch das Bild gesehen [überlegt] das war doch Realität
22 [überlegt] sie haben das so fotografiert ja und das war, das war nicht so klein.
- 23 S: Und was sagt dir dann so, hm [überlegt].
- 24 A: Achso wieder das mit meinen Gefühlen [überlegt] joh [überlegt] das sagt mir
25 mein Gefühl.
- 26 S: Dein Gefühl sagt dir das?
- 27 A: Ja.
- 28 S: Kannst du mir das denn beschreiben, das Gefühl?
- 29 A: Das ist so`n [überlegt] wie soll man das beschreiben [überlegt] so ein äh...`n
30 eher so intuitiv, dass das nicht richtig sein kann.
- 31 S: Hm, ist das dann bewusst oder unbewusst bei dir?
- 32 A: Das war bewusst [überlegt] also mir war bewusst, dass das nicht so richtig
33 stimmen kann.
- 34 S: Das war dir bewusst und also dass das nicht stimmen kann, war dir bewusst
35 und das Gefühl, dieses intuitive Gefühl, hast du das auch gespürt?

- 36 A: Nee [überlegt] das [überlegt] erst, wenn ich jetzt so drüber nachdenke, aber in
37 dem Moment war es nicht so.
- 38 S: War es dann unbewusst oder bewusst?
- 39 A: Hm, war es unbewusst.
- 40 S: Unbewusst. Ok. Und wo war das denn, an welcher Stelle des Modellierungs-
41 kreislaufes?
- 42 A: Ähm... ich glaub bei Schritt 5.
- 43 S: Bei Schritt fünf: mathematisch arbeiten und mathematisches Resultat erstellen.
- 44 A: Ja genau aber dann bei dem mathematischen Resultat das war ja dann was wir
45 raus hatten.
- 46 S: Und beschreib mir noch mal wie das jetzt genau war, wie das kam, was du da
47 empfunden hast und [A unterbricht].
- 48 A: Also wir hatten das ja im Taschenrechner und dann haben wir nochmal ver-
49 sucht es umzurechnen, weil Lotta hatte gesagt, das es ja noch in Meter umgerech-
50 net werden muss und dann kam irgendwie nur 2 Meter irgendwas raus [überlegt]
51 Was war nochmal die ursprüngliche Frage?
- 52 S: Wie du das, beschreib nochmal dein intuitives Gefühl dazu.
- 53 A: Achso, stimmt. Hm [überlegt] ja und dann hab ich gedacht 2 Meter? Hä? Nein
54 das geht nicht.
- 55 S: Was hat dir denn hä, nein [A unterbricht].
- 56 A: Ja 2 Meter für so'n Kuppelding, aber ganz ehrlich: Ich kann mir auch 2 Meter,
57 2 Meter was ist denn das. So ich kann mir das gar nicht vorstellen, wirklich, 2
58 Meter, dass [überlegt] man brauchte `nen Zollstock dafür, aber [überlegt] 2 Meter
59 ist glaub ich nicht so viel, besonders dann wenn's hoch geht ist das nicht soviel
60 und dann hatte ich das Gefühl, dass das nicht stimmt.
- 61 S: Das hattest du auch schon bei diesem, also dann hattest du auch schon so'n
62 Gefühl: Das stimmt nicht?
- 63 A: Ja ...aber mir ist dann auch nix anderes eingefallen, was wir machen könnten.
- 64 S: Und dieses Gefühl ist das intuitive Gefühl?
- 65 A: Öh [überlegt].
- 66 S: Dieses 2 Meter, das kann nicht sein?
- 67 A: Ja oder? [überlegt] Doch, das ist das.
- 68 S: Und kann man das richtig beschreiben, dies Gefühl, das intuitive Gefühl?

- 69 A: [überlegt] mh, nicht wirklich, weil das ist schon von Anfang an, wir gehen ja
70 jetzt schon total lang in die Schule und dann merkt man doch sowas.
71 S: Womit meinst du denn, dass das in Verbindung steht?
72 A: Naja, wir haben in der Schule, wir rechnen ja in der Schule auch, und meine
73 wir können ja nicht [überlegt] wir rechnen und dann gucken wir könnte das stim-
74 men oder nicht stimmen und dazu brauchen wir auch nen bisschen [überlegt] die-
75 ses Gefühl.
76 S: Okay. Und hat dies Gefühl vielleicht was mit Wissen zu tun?
77 A: Ja, weil sonst könnten wir das ja nicht so bestimmen, wir müssen das ja wis-
78 sen, um das dann so zu fühlen oder nicht?
79 S: Ich frag dich.
80 A: Ja das hat was mit Wissen zu tun.
81 S: Okay, gut. Und denkst du das, wenn du jetzt viel weißt, dass das Gefühl [A
82 unterbricht].
83 A: Ja aber dann wird es bewusster, wenn man mehr weiß, dann wird das Gefühl
84 bewusster, weil jetzt hab ich das ja eher unbewusst gemacht und wenn man dann
85 aber wirklich weiß, okay, das weiß ich ganz genau, dann wird es ja bewusst.
86 S: Okay.

1 Aloha 1

- 2 S: So beschreib mir doch mal wie du vorgegangen bist bei der Aufgabe.
3 A: Hm, ich hab mir erstmal die Aufgabe durchgelesen und dann hab ich versucht,
4 da ich kein Lineal hatte, das hab ich ja den Jungs hier geborgt, hab ich versucht
5 hier mit dem karierten Papier so grob versucht die Abstände zu messen. Dann hab
6 ich mir eben erst das Volumen von der Kugel und dann der, von dem Glas ausge-
7 rechnet und dann hab ich ausgerechnet, wie viele Kugeln in das Glas reinpassen,
8 aber das war dann eben ohne Luft und dann hab ich so'n geschätzten Wert noch
9 dazu geschrieben.
10 S: Und kannst du mir sagen, warum du genau so vorgegangen bist? Was hat dich
11 dazu so verleitet?
12 A: Das war meine Intuition würde ich sagen.
13 S: Was ist denn deine Intuition?
14 A: Äh, Eingebung. Das kam mir so spontan in den Sinn, dass das stimmen könnte.

- 15 S: Okay, und kannst du beschreiben, wie dir das so in den Sinn kommt?
- 16 A:[schweigt].
- 17 S: Kannst du versuchen, was ist davor?
- 18 A: Ja, wenn man sich die Aufgabe anguckt, dann merkt man ja so grob, womit
19 man es da zu tun hat und dann hab ich eben einfach drauflos gerechnet [überlegt]
20 ja.
- 21 S: Und wenn du sagst: „Das ist Intuition.“ Kannst du dann mir beschreiben, was
22 in deinen Gedanken oder in deinem Inneren so passiert?
- 23 A: dann denke ich mir eben, dass ist die Lösung die ich eben errechnet habe und
24 das ist meine Lösung die ist für mich richtig. Weil gerade bei der Schätzaufgabe
25 dachte ich.
- 26 S: Also du denkst dann: „ Das ist so deine Lösung, die ist richtig.“ Und nimmst du
27 das bewusst im Kopf wahr oder?
- 28 A: Nee eher so im Unterbewusstsein, weil ich bin dann schon wieder im nächsten
29 Schritt bin und dann ja [weiß nicht weiter].
- 30 S: Also du bist im nächsten Schritt und dann kommt im Unterbewusstsein der
31 letzte Schritt. Beschreib mal, vielleicht kannst du auch sagen, in welchem Schrit-
32 ten du hier warst.
- 33 A: Äm, ich war bei Schritt [denkt nach] äh Schritt fünf und dann kam ich eben
34 gerade zu Schritt sechs und da hab ich mir nochmal kurz durchgelesen, was ich da
35 geschrieben habe, hab das nochmal schnell durchgerechnet, bin wieder aufs selbe
36 Ergebnis gekommen und dann dachte ich mir so ja das muss doch richtig sein und
37 dann hab ich eben weiter gearbeitet.
- 38 S: Und dieses: „Ja das muss doch richtig sein“, welchen Namen würdest du dem
39 geben?
- 40 A: [schweigt].
- 41 S: Ist das diese Intuition die du am Anfang gesagt hast oder ist das was anderes?
- 42 A: Ja wahrscheinlich diese Intuition.
- 43 S: Wahrscheinlich, dann könnte es ja auch noch was anderes sein.
- 44 A: Es könnte auch was anderes sein.
- 45 S: Und wenn's was anderes ist, was ist es dann?
- 46 A: Es könnte [überlegt].
- 47 S: Versuch mal einen Namen zu geben.

- 48 A: [Schweigt].
- 49 S: Oder kann man das gar nicht?
- 50 A: Ja ich, im Moment kann ich es jetzt nicht benennen.
- 51 S: Und ist es also, ist es eher bewusst oder nicht so bewusst?
- 52 A: Eigentlich kaum bewusst.
- 53 S: Hast du das noch in anderen, ähm bei anderen Schritten jetzt feststellen können?
- 54
- 55 A: Nee nicht wirklich, nur bei hier zur fünf zu sechs.
- 56 S: Und wie kommst du auf die Idee, also wie du die Aufgabe löst?
- 57 A: Ja sie haben mir ja die beiden Formeln gegeben und dann ja hab ich mir das
- 58 halt logisch erdacht, weil [S unterbricht].
- 59 S: Und dieses logische Erdenken [A unterbricht]?
- 60 A: Das war äh aufgrund der Logik.
- 61 S: Was ist denn dann die Logik?
- 62 A: Die Logik ist, wie viel würden dann da so grob reinpassen, also wenn ich das
- 63 Bild sehe, die Kugel ist so und so groß und das Glas so und so hoch und breit,
- 64 dann müssen da ja mindestens so und soviel rein passen. Wenn ich das jetzt noch
- 65 in den Raum setze, dann müssen da ja noch nen paar mehr reinpassen, so bin ich
- 66 auf meinen geschätzten Wert gekommen. Und dann hab ich das eben nochmal
- 67 versucht auszurechnen und [S unterbricht].
- 68 S: Und dieser erste Gedanke, das muss so sein, ist der dir bewusst?
- 69 A: Der ist mir durchaus bewusst.
- 70 S: Auch dieses Vorgehen?
- 71 A: Ja der war mir bewusst, ja der gehörte auch zum Vorgehen.
- 72 S: Und das ist dir immer so klar?
- 73 A: Ja.
- 74 S: Und woher kannst du das? Dieses Vorgehen so?
- 75 A: Das hat mir zum größten Teil mein Vater beigebracht, weil der ist zwar jetzt
- 76 weggezogen aber der hat früher oft mit mir sowas geübt.
- 77 S: Also ist es Üben.
- 78 A: Ja.
- 79 S: Du übst das und dann ist das auch so in dir drin?
- 80 A: Das integrier ich dann in meinen normalen Lösungsweg.

- 81 S: Ist so wie, wie kann man das sagen?
82 A: Alltag.
83 S: So Routine?
84 A: Das mach ich immer so und so.
85 S: Und diese Routine, nimmst du die dann so bewusst war oder?
86 A: Ja.
87 S: Oder sagst du: „Jetzt wende ich die Routine an“, oder machst du mehr?
88 A: Ich mach das mehr.
89 S: Wenn du das dann mehr machst, dann denkst du doch nicht so hier hinten im
90 Kopf: „, Ich wende die Routine an, ja ich wende die Routine an“?
91 A: Ich wende die Routine an. Ja, doch das denke ich.
92 S: Also du erinnerst dich an eine Alltagssituation, wie du das eingeübt hast und
93 dann machst du das so?
94 A: Ja.

1 Aloha 2

- 2 S: Erzähl mir mal, wie du heute vorgegangen bist!
3 A: Heute habe ich mir wie immer erst mal die Aufgabe angeschaut, durchgelesen
4 und ja direkt angefangen zu messen. Hab erstmal den Durchmesser gemessen und
5 hab den dann durch zwei geteilt zum Radius und dann hab ich den in die Formel
6 eingesetzt mit vierdrittel Pi mal [überlegt] hm ja dem Radius eben und so bin ich
7 ganz schnell auf's Volumen gekommen.
8 S: Hm, warum bist du denn so vorgegangen?
9 A: Weil wir hatten eben das mit der Kugel so nicht wirklich im Unterricht, des-
10 halb hatte ich eben die Formelsammlung zur Hilfe.
11 S: Du hast ja auch, bist ja auch [überlegt] gleich auf die Formel losgestürzt.
12 A: Ja, weil [Stille].
13 S: Wie, wie bist du [überlegt] warum hast du das gemacht?
14 A: Weil ich hab mir direkt als ich reingekommen bin, die Aufgabe durchgelesen
15 und hab gemerkt, so komm ich da nicht weiter, da sitze ich ja auch zwei Stunden
16 rum [überlegen] ja.
17 S: Und kannst du mir beschreiben, warum du die Formelsammlung sofort ge-
18 nommen hast?

- 19 A: Ja [Stille] hm [überlegen] nicht wirklich.
- 20 S: Nee?
- 21 A: Ja, damit ich zur Lösung komme.
- 22 S: Und hast du das gemerkt, dass du jetzt die Formel [nachdenken] also weißt du
- 23 was ich meine?
- 24 A: Ich hab gemerkt, dass ich die Formelsammlung brauchte, weil [Pause] ohne sie
- 25 wäre ich nicht wirklich zum Ergebnis gekommen.
- 26 S: Und war das dann [überlegt] bewusst oder unbewusst?
- 27 A: Das war bewusst.
- 28 S: Hm, und ihr ward ja relativ schnell fertig und du hast ja dann die Maße einfach
- 29 so angenommen.
- 30 A: Ja, ich also wir hätten das Ganze dann noch in Milimeter umwandeln sollen,
- 31 dass haben wir dann ja noch später gemerkt aber [S. unterbricht].
- 32 S: Und warum hast du die Maße so genommen?
- 33 A: Hm, ja ich dachte wir mussten es nicht so maßstabsgetreu machen deshalb,
- 34 dachte ich das.
- 35 S: Aber was hat dir denn [Pause] im Inneren gesagt, jetzt muss ich die Maße so
- 36 nehmen, kannst du das beschreiben?
- 37 A: Hm [Stille] ich weiß ah die Formel hat es mir im Prinzip gesagt, weil ja [über-
- 38 legt] weil da durch was da steht, hab ich schon so ne Routine: ja leg da an, mess
- 39 das.
- 40 S: Also du hast dann so 'n bestimmtes Schema, wie du dann vorgehst?
- 41 A: Ja, also ich.
- 42 S: Und ist das bewusst oder unbewusst oder?
- 43 A: Das ist sehr unbewusst.
- 44 S: Sehr unbewusst, wie heißt das bei dir?
- 45 A: Hat keinen Namen, wirklich.
- 46 S: Also es ist so 'n unbewusstes Vorgehen?
- 47 A: Ja.
- 48 S: Hmh, und merkst du, also du hast gesagt, es ist unbewusst, dann spürst du das
- 49 nicht oder spürst du das?
- 50 A: Ich spür das schon aber [überlegt] es ist eher im Unterbewusstsein, find ich.
- 51 S: Und an welcher Stelle ist das im Modellierungskreislauf?

- 52 A: [Überlegen] Das war ziemlich am Anfang, also hier von Schritt eins zu Schritt
53 [Stille] vier. Würd ich sagen.
54 S: Und wo genau?
55 A: Hm, am meisten bei Schritt zwei, würd ich sagen.
56 S: Bei Schritt zwei, wenn du die [S. wird unterbrochen].
57 A: Aufgabe verstehen.
58 S: Da ist so 'n Unbewusstes [Stille]. Dein Unbewusstsein kommt da irgendwie und
59 beschreiben, wie das kommt, kannst du nicht?
60 A: Nee, nicht wirklich, das kommt so [überlegen]. Ja, wenn man das eben liest,
61 dann arbeitet mein Kopf, eben unterbewusst weiter, ja.
62 S: Und kommt das später nochmal oder nur da am Anfang?
63 A: Meistens nur hier, so am Anfang. [Nachdenken] also später denke ich ja
64 nochmal drüber nach, wie das Ganze ist, aber [wird von S. unterbrochen].
65 S: Und dieses Drüberdachdenken, ist das bewusst oder ist das auch wieder im
66 Unterbewusstsein?
67 A: Ja, das ist bewusst, das wäre hier sowas wie Schritt neun, das mache ich immer
68 danach, wenn ich hier schon die Lösung erklärt hab, wie ich dadrauf gekommen
69 bin, lese mir das Ganze nochmal durch.
70 S: Ok, du hast dann auch zum Schluss nochmal gesagt, wo ihr so schnell fertig
71 ward: „ich treu ihnen da nicht“, war das irgendwie für dich komisch?
72 A: Nein, dass war nur Spaß [lacht].
73 S: Das war Spaß.

1 Ashley 1

- 2 S: Beschreib mir mal bitte wie du vorgegangen bist.
3 A: Also erst haben wir dieses Situationsmodell gemalt. Ich, diese Becher und das
4 Bonbon dazu. Ungefähr so, also ohne Größen noch.
5 S: Wie bist du auf die Größen gekommen?
6 A: Hm, also beim dem erstem Modell habe ich einfach nur nen Kreis hingemalt,
7 ohne drüber nachzudenken. Und bei dem Realenmodell habe ich dann ähm ist
8 zwar nicht direkt im Größenverhältnis, aber da habe ich die Größen dazu ge-
9 schrieben. Dann habe ich mir einfach das Bild hier angeguckt und dann so ge-

10 schätzt. Wie viel das ungefähr sein könnte oder man kennt ja Gläser, wie groß die
11 ungefähr sind.

12 S: Also bei dem Glas hast du dann mehr an dein Alltagswissen gedacht?

13 A: Ja, ich hab ja das hier auch noch als Beispiel gemacht. Das ist jetzt so fotogra-
14 fiert, dass das jetzt so klein aussieht und dann haben wir einfach so geschätzt
15 [überlegt] kleineres Glas, ungefähr so groß. Die Größen ungefähr so gemessen,
16 ich weiß es nicht so genau, weil man sich da immer so vertut. Aber so haben wir
17 dann erstmal angefangen. Und dann haben wir überlegt, wie viele von diesen Ku-
18 geln auf den Boden passen würden. Und dann, weil das ja nur langsam nach oben
19 hin größer wird, haben wir dann in der zweiten Ebene nochmal drei Kugeln hin-
20 gemacht, so sicherhaltshalber, weil weiß nicht so genau, ob da vier reinpassen.
21 Und ähm dann hatten wir erst mit ner kleineren Kugel gerechnet, da kamen wir
22 dann auf 19 Kugeln insgesamt.

23 S: Warum hast du erst mit ner kleineren Kugel gerechnet? Wie bist du darauf ge-
24 kommen?

25 A: Da hatten wir überlegt, ähm wie groß ungefähr so ne Kaugummikugel ist, weil
26 nämlich hier sieht sie jetzt relativ groß aus. Drei Zentimeter irgendwie. Aber das
27 kriegt man ja nicht in den Mund, deshalb haben wir dann erstmal mit ner Kleine-
28 ren gerechnet. Nur das hat irgendwie nicht so gut hingehauen. Da haben wir dann
29 bei der Skizze, also wir haben ja ne Skizze, versucht zu zeichnen, ob das hinhaut.
30 Da war das dann alles viel zu, also wir hätten da viel mehr reingekriegt, als wir
31 uns das vorgestellt hatten. Und dann haben wir nochmal mit ner größeren Kugel
32 gerechnet, weil wir hatten ja das Glas ungefähr von dem hier [zeigt auf das Auf-
33 gabenblatt] genommen und die Kugel mehr aus dem Alltag.

34 S: Und die Alltagskugel ist dann größer gewesen?

35 A: Nee kleiner.

36 S: Also erst war die Kugel ein bisschen kleiner, weil du gesagt hast, die passt
37 dann besser in den Mund.

38 A: Genau.

39 S: Warum hast du gesagt, ne kleinere Kugel passt besser in den Mund? Wie biste
40 da denn drauf gekommen?

41 A: Ich hab mir diese Kugel aus dem Kaugummiautomaten vorgestellt und die sind
42 ja schon relativ groß. Vielleicht so'n Zentimeter Durchmesser und da muss man

43 schon ganz schön drauf rumkauen, damit man die klein kriegt. Das hier sieht jetzt
44 mehr so aus, wie ein Kleinformat von einem Tischtennisball. Und das finde ich ist
45 zu groß. Ich kann mir das schlecht vorstellen. Und dann haben wir halt erstmal
46 das Kleinere genommen, weil wir dachten, vielleicht ist das jetzt unglücklich fo-
47 tographiert oder was anderes, was das symbolisieren sollte. Wie gesagt, weil das
48 Verhältnis nicht ganz gestimmt hat, haben wir dann doch mal die größere Kugel
49 genommen, so wie sie hier abgebildet ist. Und damit hat es dann besser hingehau-
50 en. Nur dann mussten wir zwei von diesen Ebenen weglassen, also weil vorher
51 hatten wir so ´ne Mischung aus allem praktisch gemacht und jetzt hatten wir das
52 Glas, was hier abgebildet ist und die Kugel, die hier abgebildet ist, und da kamen
53 dann ungefähr drei Ebenen raus.

54 S: Kannst du mir erklären, wo der Unterschied von deinem Gedanken ist bei der,
55 am Anfang hattest du so ´ne Mischung aus, haste gesagt, aus allem und jetzt zum
56 Schluss haste das mehr an diesem Bild so orientiert. Wo war da der Unterschied,
57 was hast du da bei der Mischung mehr gedacht und was hast du mehr bei dem
58 Bild gedacht? Also weißt du was ich meine, welche Gedanken hattest du so bei
59 der Mischung und bei dem Bild?

60 A: Also bei der Mischung hatte ich so das Glas, wie ich es mehr kenne. Das ent-
61 spricht dem auch relativ gut.

62 S: An was für ein Glas hast du gedacht?

63 A: Äh, meine Mutter hat so IKEA-Gläser und die sind so mittel groß. So Cam-
64 pinggläser. Naja zumindest da habe ich bei dem gemischten Ding, habe ich mehr
65 gedacht, dass es realistischer ist, wie gesagt, wegen der kleineren Kugel, weil man
66 die besser essen kann und das Glas, so wie ich das kenne.

67 S: Was für ´n Wissen hast du da deiner Meinung nach angewandt? Bei dem Glas,
68 was du kennst und wie der Bonbon so in dein Mund kommt. Was würdest du sa-
69 gen, was ist das für ein Wissen für dich?

70 A: Naja, so Erfahrung, weil ich das ja kenne so, was ich so kenne.

71 S: Und die Erfahrung, wie würdest du die so beschreiben? Was ist das für dich?

72 A: Hm, also [überlegt] hm.

73 S: Mit Erfahrung rechnen oder was?

74 A: Ja, es ist ein bisschen schwierig, weil wie wir ja gemerkt haben, passt die Er-
75 fahrung jetzt nicht so gut zu der Aufgabe aber ähm, man kann halt daran erstmal

- 76 anfangen, dadurch, dass ich die Erfahrung habe, wie groß ungefähr so'n Glas ist
77 und die Kaugummikugel konnten wir ja den ersten Schritt machen und dann ha-
78 ben wir gemerkt, dass es nicht so gut passt und dann haben wir uns mehr an das
79 Bild gehalten.
- 80 S: Und was ist das, wenn du deine Lösung mit dem Bild so hast? Was ist das? Ist
81 das jetzt mehr Erfahrung oder ist das jetzt was anderes? Wenn das was anderes ist,
82 was ist das so?
- 83 A: Ich denke schon, dass das Erfahrung ist, also überwiegend, weil man weiß ja
84 auch so'ne Kugel ist rund und da gibt es so Zwischenräume und die können dann
85 so, wenn man die aneinander hat ist dann da so'n Spalt. Und dann denke ich, dass
86 die Aufgabe überwiegend mit Erfahrung gelöst wurde.
- 87 S: Also du sagst, du hast diese erste Lösung, wo du an alles so gedacht hast, ist so
88 Erfahrung und die zweite ist auch Erfahrung aber andere Erfahrung, oder?
- 89 A: Auch Erfahrung, nur dann wieder so mit Vorstellung so kombiniert, weil man
90 sich ja, weil ich mir jetzt ja vorstellen konnte, okay ich weiß, die Kugel wäre klein
91 besser zu essen aber ne Große kann ich ja trotzdem darein füllen und dann mit der
92 Erfahrung zusammen wusste ich, wie man das dann so anordnen könnte, dass das
93 passt und äh dann [überlegt] also ist mehr so'ne Mischung aus bei dem Letzten ist
94 es ne Mischung aus Erfahrung und diesem Vorstellungsvermögen.
- 95 S: Kannst du das gut, also hast du das Gefühl, dass du das gut beschreiben kannst?
96 Deine Gedanken, die du so bei den Aufgaben hattest oder kannst die eher nicht
97 so beschreiben?
- 98 A: Äm, also es gibt besseres, was ich beschreiben kann, es geht.
- 99 S: So zum Beispiel beim Fahrradfahren, da kann ich jetzt auch nicht sagen, war-
100 um ich nicht runterfalle. Ich fahr einfach Fahrrad und falle nicht. So ich mach das
101 ja einfach und ist das für dich vielleicht hier auch so? Das du sagst, bei dieser Lö-
102 sung, wo du so deine Erfahrung miteingebaut hast, das da vielleicht auch so ähn-
103 lich, dass du sagst, du machst das einfach aber du weißt nicht warum oder machst
104 du das, weil du genau weißt, warum?
- 105 A: Ich glaube eher, dass ich nicht genau weiß, warum ich das mache. Ich hätte ja
106 auch gleich von Anfang an damit rechnen können. Wie das hier abgebildet ist, nur
107 weil ich mir das gedacht habe, das es ein äh Beispielbild, muss nicht der Realität

108 entsprechen. Äm habe ich dann mit den Erfahrungen halt zusammen. Also ich
109 glaube nicht, dass es so absichtlich war, aber bisschen.

110 S: Aber wenn das nicht so absichtlich war, wie war das dann mehr so? Ist das
111 dann so [wird durch A. unterbrochen].

112 A: Praktisch so Zufall, wenn man immer damit arbeitet was man kennt und sich
113 das so vorstellt, wenn jetzt jemand sagt, Blablabla ist eine dicke Frau mit blonden
114 Haaren, dann weiß ich ja, wie ich mir das vorstellen muss, weil ich so Leute viel-
115 leicht schon mal gesehen haben muss.

116 S: Ist das vielleicht sogar so im Unterbewusstsein, wenn du das so sagst?

117 A: Ja, genau ja. Wenn ich hier jetzt so sehe, wie viele Kaugummikugeln passen in
118 so'n Glas. Dann denke ich auch erstmal an diese Kugeln, die meine Freundin und
119 ich früher immer gekauft haben und an die Gläser von meiner Mutter und wie
120 man das dann so reinfüllen könnte. So zum Beispiel bei Eiswürfeln muss man
121 dann ja auch so reinfüllen, dann kann man sich das vorstellen. Ich denke eher,
122 dass es aus dem Unterbewusstsein kommt und man das so von automatisch macht.

1 Ashley 2

2 S: Beschreib mir doch mal, wie du vorgegangen bist!

3 A: Also erst saß ich vor dieser Aufgabe und war ein bisschen verwirrt, weil ich ja
4 den Reichstag nicht so gut kenne, bei dem Glas und diesem Kaugummiding, Ku-
5 gel da, konnte ich mir das besser vorstellen, weil man damit mehr zu tun hat und
6 weil's kleiner ist, aber jetzt bei diesem großen Gebäude, wusste ich jetzt nicht
7 genau, ob das jetzt 25 oder 30 oder 50 Meter lang ist. Und dann hab ich erstmal
8 überlegt, wie ich das jetzt machen könnte. Und dann hab ich diesen Menschen
9 gesehen.

10 S: Wie bist du da drauf gekommen? Deine Überlegung, hast du die wahrgenom-
11 men oder war das einfach so'ne Strategie?

12 A: Also ich hab schon versucht zu überlegen, wie hoch das äh der Reichstag ist
13 und dann ich ähm [überlegt] ich war ja schon mal da drin, da ist mir eingefallen,
14 dass da ja diese Art Fenster sind, immer so Ringe praktisch [überlegt] und ähm
15 jetzt wollte ich überlegen, wie hoch da jetzt so eins von diesem Fenstern ist, damit
16 ich die dann zählen kann und ungefähr weiß, wie viele da ungefähr von sind.

- 17 S: Wie bist du da drauf gekommen, dass du die zählst, damit du weißt, wie viele
18 das sind?
- 19 A: Damit man [Stille].
- 20 S: Hast du das dann gespürt oder wie war das?
- 21 A: [Überlegt] hm [überlegt weiter].
- 22 S: War das mehr so'n Gedanke, dass muss ich jetzt machen?
- 23 A: Also, Ziel war es ja generell die Höhe von diesem Gebäude jetzt zu erkennen
24 und damit ich jetzt nicht irgendwie so Daumen zähle oder so, hab ich dann ähm,
25 überlegt woran ich mich orientieren könnte und die Idee ist mir einfach gekom-
26 men [überlegt] ich weiß es nicht genau.
- 27 S: Kannst du das beschreiben, wie die gekommen ist?
- 28 A: Hm [denkt nach] ich kann mich gar nicht mehr so genau dran erinnern.
- 29 S: Die ist einfach gekommen, die Idee?
- 30 A: Ja.
- 31 S: Also war die mehr unterbewusst oder bewusst?
- 32 A: Eher unterbewusst.
- 33 S: Eher unterbewusst. Und dann haste irgendwann auch gesagt: „der Mensch ist
34 1,60cm oder 1,70cm“!
- 35 A: Ungefähr.
- 36 S: Ist dir das auch so einfach so gekommen oder?
- 37 A: Da hab ich überlegt, w [wird von S. unterbrochen].
- 38 S: Wie war das?
- 39 A: Ich wusste noch, dass ich als ich das letzte Mal meinen neuen Ausweis beant-
40 ragt hab, da haben die mich gemessen, da war ich 1,50cm und seitdem bin ich ja
41 gewachsen, jetzt bin ich glaub etwa 1,60cm und mein Vater ist nicht grad der
42 Größte, der ist glaub ich nur 1,70cm und jetzt hab ich einfach, mal so Pie mal
43 Daumen mit 1,70cm gerechnet, weil ich dachte mir so, das ist die Standard, also
44 so die Durchschnittsgröße, also es gibt ja größere und kleinere Menschen.
- 45 S: Ist das dann [sucht nach Worten] das klingt, als ob das nicht so'n Einfall ist
46 sondern mehr?
- 47 A: Ne Überlegung.
- 48 S: Wissen oder Überlegung oder Alltagswissen, was ist das mehr für dich?

49 A: Ja, da hab ich nämlich schon geschrieben, da hab ich nämlich, äm überlegt,
50 also es ist ja [denkt nach] ich wusste jetzt nicht so genau, wie groß diese, dieser
51 Mensch ist, aber dann hab ich mir das halt abgeleitet von bekannten Größen. Das
52 heißt, ich hab [überlegt] man [überlegt] oder ich zumindest, wenn ich jetzt eine
53 unbekannte Größe hab und ich nicht weiß, wie ich die ausrechnen kann, dann
54 such ich mir etwas, womit ich das vergleichen kann, etwas bekanntes, zum Bei-
55 spiel den Mensch der ungefähr so groß ist, wie ich, mein Vater.

56 S: Und kannst du mir erklären, warum du diesen Menschen suchst? Oder sind das
57 so Abläufe, die passieren bei dir?

58 A: Also, dass ich mich jetzt so auf diesen Menschen fixiert habe [überlegt] ist
59 mehr gekommen, weil er grad zufällig da war. Wenn da jetzt nen Hund gewesen
60 wäre, hätte ich mit dem Hund versucht, das abzuleiten.

61 S: Und das du dann den Menschen siehst, weil er da ist, spürst du das? Denkst du
62 dann, ja ich seh den Menschen, ich nehm den jetzt oder kommt das auch einfach
63 so?

64 A: Also ich hab die ja, als ich mir das Bild angeguckt habe, habe ich mich ja ge-
65 nerell auf die ganze Kuppel konzentriert und die Menschen ausgeblendet, die im
66 Vordergrund standen und als ich dann nach etwas gesucht habe, womit ich das
67 vergleichen könnte, wie nach Größen ungefähr, da hab ich dann wahrscheinlich,
68 nehm ich jetzt mal an, mehr auf die kleinen Sachen geachtet und dann ist mir der
69 Mensch aufgefallen, der ungefähr so groß war, wie dieses Fenster.

70 S: War das; kam das dann so plötzlich, dann nehm ich den Menschen?

71 A: [Überlegt] Ja, also es war mehr so: och, da ist ja ein Mensch, der ist ja genau
72 so groß wie das Fenster, ja das bietet sich an, dann nehm ich den jetzt mal so.

73 S: Und dieses „och da ist ein Mensch“, war das [wird von A. unterbrochen].

74 A: Das war, wie so, als wenn mir ganz plötzlich aufgefallen, als hätte ich das Bild
75 jetzt ganz anders betrachtet [Stille]. Vorher war es halt nur so die Kuppel und wie
76 breit die ungefähr ist und da ich dann ja auf die kleineren Sachen geachtet hab,
77 hab ich dann praktisch das Bild mit anderen Augen mir angeguckt und dann ist es
78 mir aufgefallen, dass der da steht.

79 S: Wenn du jetzt sagen müsstest, ob das bewusst war oder unbewusst?

- 80 A: Oh ähm [überlegt] eher unbewusst, würd ich sagen, also dass ich das Bild jetzt
81 anders betrachtet hab war unbewusst, aber dass ich mehr auf [wird von S. unterbrochen].
82 rochen].
- 83 S: Also du hast eher unbewusst das Bild anders betrachtet und dann hast du bewusst gesehen: „den Menschen nehm ich“?
- 84
- 85 A: Ja, genau.
- 86 S: Ist das so gewesen?
- 87 A: Ja, würd ich sagen.
- 88 S: Okay. Und wenn du dieses Unbewusste, wenn du dem mal einen Namen geben würdest? Was ist das für dich? Das Unbewusste?
- 89
- 90 A: Hm [denkt nach] das ist eine schwierige Frage [Stille] hm [Stille] ich weiß
91 nicht, ich muss überlegen [denkt nach] hm das ist schwierig, ich überlege ja, wie
92 ich vorgehen könnte. Also ich überlege, woran könnte ich mich orientieren und
93 dann [überlegt]. Hm, sowas wie, ich weiß nicht, so'n Blitzidee. Es kommt so ganz
94 plötzlich wie so'n Zug vorbeigefahren im Kopf und dann hab ich die Idee, ich
95 weiß es nicht [denkt weiter nach] ich kann das nicht beschreiben.
- 96 S: Okay und spürst du die Idee dann, wenn dir so'n Zug in deinem Kopf kommt?
- 97 A: Hm ,naja es ist so als würde sie sich dann so, plötzlich ist sie einfach da und
98 dann bemerk ich sie auch und dann guck ich auch, ob sie mir dann weiterhilft. Es
99 ist nicht so als ob, ich die vergessen oder verdränge [zögert]. Dann guck ich dann
100 halt auch, ja was hat mir denn der Schaffner denn dann diesmal hingeworfen.

1 **Boss 1**

- 2 S: Erzähl mir doch mal, wie du vorgegangen bist bei der Aufgabe!
- 3 B: Ja, wir hatten ja das Heftchen da, das Formelheft und ich hab mir die passenden
4 Formeln herausgesucht, zum Kegel war das glaub ich einmal und zur Kugel.
5 Davon hab ich jeweils einmal das Volumen berechnet. Und anschließend das Volumen vom Ball durch das Glas geteilt.
6
- 7 S: Kannst du mir sagen, warum du das gemacht hast, wie du drauf gekommen
8 bist, was [wird von B. unterbrochen].
- 9 B: Ja, das ist doch logisch.
- 10 S: Warum ist das logisch?

- 11 B: Ja, [denkt nach] das haben wir halt gemacht, das hab ich so gelernt, das ist halt
12 so, wenn man Volumen durch Volumen teilt so, also nein.
- 13 S: Das ist schon [wird von B. unterbrochen].
- 14 B: Weiß nicht, wie ich erklären soll.
- 15 S: Versuch mir das mal zu erklären!
- 16 B: Ja, [überlegt] es gab halt zwei Volumen und das eine hab ich durch das andere
17 geteilt, dann wusste ich ungefähr wie viel darein passen würde. Ich weiß nicht,
18 wie man das erklären soll, das ist das Problem.
- 19 S: Was, was denkst du denn dabei, denkste überhaupt was dabei?
- 20 B: Ich denk mir eigentlich gar nichts dabei. Das ist für mich alles Mathe, das ist so
21 logisch für mich. Wissen sie, was ich meine?
- 22 S: Nee, weiß ich nicht.
- 23 B: Hm, das ergibt alles einen Sinn. Wenn ich zum Beispiel zwei Äpfel habe und
24 drei, die sind zusammen dann fünf da.
- 25 S: Aber warum [denkt nach]? Die können doch auch weniger sein, dann [wird von
26 B. unterbrochen].
- 27 B: Wieso? Wenn ich zwei habe und drei dann zusammen mache, ist doch fünf.
- 28 S: Woher weißt du das denn?
- 29 B: Ja, anschließend kann man ja nochmal nachzählen oder nicht?
- 30 S: Ja, aber woher weißt du das denn, dass man das so machen muss?
- 31 B: [Stille].
- 32 S: So weil du das so gelernt hast, aber [wird von B. unterbrochen].
- 33 B: Ich hab da nie so drüber nachgedacht, ist ja alles so Hintergrund mäßig, aber
34 [wird von S. unterbrochen].
- 35 S: Wie ist denn so der Hintergrund dann bei dir? Wenn du mir [denkt nach]. Jetzt
36 im Unterricht, wenn du das dann häufig machst ist das dann so wie ne Routine
37 vielleicht, die du da so einübst?
- 38 B: Da [überlegt] weiß nicht was Routine heißt.
- 39 S: Routine heißt, du machst äm etwas immer nach dem gleichen Ablauf. So du
40 stehst morgens auf und gehst sofort die Zähneputzen, das machst du jeden Tag.
41 Das ist ne Routine.

- 42 B: Ja, ja. Mach ich schon so in Mathe. Also wie es mir beigebracht wurde halt.
43 Das ist ja auch nicht täglich das gleiche Mathe, das ist ja immer nen bisschen un-
44 terschiedlich.
- 45 S: So wie es dir beigebracht wurde. Und wenn du jetzt so´ne Aufgabe siehst, dann
46 weißt du, ich guck erstmal in die Formelsammlung.
- 47 B: Hm.
- 48 S: Und suchst dann deine Formeln zusammen?
- 49 B: Genau.
- 50 S: Und das, nimmst du das bewusst wahr oder ist das im Hintergrund bei dir, weil
51 du das so tust, beschreib mir das mal!
- 52 B: Ich hab da, nein ich hab da nicht viel drüber nachgedacht, ich wollt halt mög-
53 lichst schnell das Ziel erreichen, also die Aufgabe lösen und [denkt nach] ich
54 wusste halt schon was ich machen musste, also ungefähr.
- 55 S: Woher wusstest du das denn, was du machen musstest?
- 56 B: Ja, das haben wir im Unterricht gelernt, aber ich weiß nicht wie man das be-
57 schreiben soll.
- 58 S: Aber du hast ja nicht die Aufgabe gelernt.
- 59 B: Nein, ja, muss ja.
- 60 S: Versuch mal zu beschreiben.
- 61 B: Ja, muss ja, an ein anderen Beispiel gehabt, aber ich weiß nicht [Stille]. Das ist
62 so schwer zu beschreiben.
- 63 S: Kannste das überhaupt beschreiben?
- 64 B: Nein. Eigentlich nicht, ich bin nicht so jemand, der mit Wörtern rum.
- 65 S: Wo, wo, wo könnte das denn sein, ist das denn bei dir im Gehirn so bewusst,
66 unbewusst? Sind es Gefühle oder was?
- 67 B: Nein.
- 68 S: Kannste dem einen Namen geben oder sind das vielleicht so Einfälle oder in
69 Comic´s leuchtet dann manchmal so´n Lämpchen auf, ist das sowas vielleicht bei
70 dir? Oder [wird von B. unterbrochen].
- 71 B: Nein, das ist nicht so bei mir. Ich hab das mehr Unterbewusst also, ich merk
72 das gar nicht richtig, ich überleg mir auch gar nicht, wie ich dahin komme oder
73 also ich überleg mir schon, wie ich dahin komme, nicht wie ich auf die Idee

- 74 komme, dort dann hinzukommen. Das passiert bei mir so im Unterbewusstsein,
75 glaub ich.
- 76 S: Du hast ja auch gesagt: „hm, dass warte, dass die Kugel den hm, die müssen ja
77 nen bestimmten Abstand haben“.
- 78 B: Ja.
- 79 S: Du hast, da habt ihr die Aufgabe gelöst und dann haste gesagt: „nee wir müssen
80 auch noch, nee die liegen nicht alle aufeinander und die haben Abstände“. Wie
81 biste denn da drauf gekommen, das kam auch bei dir so spontan?
- 82 B: Ja, das ist auch alles so im Unterbewusstsein gewesen. Ich mein, dass ich hab
83 glaub ich damals ich ess ja viel zum Beispiel da gibt's m&m's und so oder Bon-
84 bons auch wie in dem Beispiel. Die macht man dann in ne Schale rein und dann
85 merkt man, dass da was dazwischen ist, das ist ja nicht so wie bei Pulver.
- 86 S: Ja.
- 87 B: Oder bei Salz, dass das dann so flach ist und alles ineinander greift, sondern
88 das ist dann so mit Abstand dazwischen halt, aber [denkt nach].
- 89 S: Aber du hast dann [wird von B. unterbrochen].
- 90 B: Ich mach mir überhaupt keine Gedanken darüber gemacht, ehrlich gesagt.
- 91 S: Hast du denn, du hast dir keine Gedanken drüber gemacht.
- 92 B: Ich wusste, dass das Ergebnis nicht genau sein könnte.
- 93 S: Und das wusstest du, weil du [überlegt] an diese m&m's und an irgendwas
94 anderes gedacht hast oder?
- 95 B: Ja.
- 96 S: Oder hast du da gar nicht richtig dran gedacht?
- 97 B: Ich hab da nicht richtig dran gedacht aber das ist jetzt so zum Beispiel, wo ich
98 das richtig merke und das ist mir dabei eingefallen, weiß nicht. Das kann man
99 alles so schlecht beschreiben, ihre Fragen sind voll komisch.
- 100 S: Also ist das, das kam einfach so und du kannst es nicht, du weißt zwar und hast
101 so Hintergrundwissen und vielleicht ist das ja auch Fachwissen: wie passen Le-
102 bensmittel in Gläser und das kommt dir dann einfach so über?
- 103 B: Ja, [überlegt] so ungefähr.
- 104 S: Aber so wie dir das überkommt, das kannst nicht beschr. [wird von B. unterb-
105 rochen].

- 106 B: Nein, mir ist das einfach direkt eingefallen, weil Moritz meinte, das wäre da-
107 nach, müsste es einfach hundertprozentig richtig sein, aber da war mir schon klar,
108 dass das nicht so ginge, weil da war ja so, dass ist ja eigentlich logisch, die greifen
109 ja nicht ineinander.
- 110 S: Ja.
- 111 B: Da hab ich mir einfach gedacht, es soll ja bis zum Rand gefüllt sein. Es soll ja
112 auch nicht drüber greifen [überlegt]. Nja, kam einfach so, das ist Unterbewusst-
113 tsein, glaub ich.
- 114 S: Okay und wenn du diesem Überkommen, wenn du dem einen Namen geben
115 würdest, was fällt dir denn da für ein Name ein?
- 116 B: [Stille] da [überlegt] ähm. Soll ich mir jetzt einfach einen Namen überlegen
117 oder wie, weil ich weiß dafür keinen Namen.
- 118 S: Ja, so Effekte, oder wow oder ah.
- 119 B: Wenn man was zum Beispiel spontan einfällt oder wie?
- 120 S: Ja, jetzt hier, wo dir das, also wenn dir das spontan einfällt, ist das son Aha-
121 Erlebnis oder so'n ach klar?
- 122 B: Nich ach klar, das war mir eigentlich schon bewusst davor. Das war, ich hab da
123 eigentlich ganz, ich hab da, ich glaub sie haben das ja auch auf Video und ich hab
124 da gar nicht so gesagt: „ach stimmt wir haben da was vergessen, dass so zu be-
125 rechnen“ oder was anderes zu machen, dass [Stille]. Da greift irgendwie zu viel in
126 die Psyche ein oder ich weiß nicht, ich bin nicht so Psychologe, der das alles
127 weiß.
- 128 S: Also du, du kannst es gar nicht so [wird von B. unterbrochen].
- 129 B: Ich kontrollier das nicht, das ist einfach so.
- 130 S: Das [denkt nach] irgendwie wird irgendwas mit dir gemacht so, aber du weißt
131 nicht wie?
- 132 B: Ja.
- 133 S: Fällt dir vielleicht ein anderes so'n Alltagsbeispiel ein, wo du das, [denkt nach]
134 auch so ist bei dir?
- 135 B: Auf was bezogen?
- 136 S: Egal.
- 137 B: Hm, nö.

138 S: Okay. Und kannst du vielleicht jetzt so mal einordnen, wo dir das so überkom-
139 men ist? Dieses mit dem Kugeln in dieses, wo du sagst, das ist es, einfach so. In
140 welchen Schritt war das beim Modellieren?

141 B: Da, ich muss mal durchlesen.

142 S: Also hier hast du ja das Modell aufgestellt, und dann hast du versucht mathe-
143 matische Formeln zu finden und das dann ausgerechnet und hats ein Ergebnis und
144 dann haste ja geguckt, ob passt das Ergebnis.

145 B: Beim Lesen war's noch nicht, da auf keinen Fall. [Überlegt] hm Modell haben
146 wir auch gar nicht dargestellt. Wir haben es auch gar nicht so gemacht, wie das
147 hier auf dem Blatt ist.

148 S: Aber so in etwa, ja. Das habt ihr dann ja auch, ihr habt ja dann so überlegt, wie
149 könnte das Glas sein, wie kann man das ausrechnen.

150 B: Das kam eigentlich so mehr zum Ende hin, als Moritz schon meinte, dass er
151 fertig war. [Überlegt] beim Überprüfen, glaub ich, hab ich nochmal gesagt: „es
152 wäre“. Ich würd Schritt sieben sagen.

153 S: So beim Überprüfen?

154 B: Ja, da haben wir das halt noch mal son bisschen [Stille] verbessert. Wir haben
155 danach ja auch in der Antwort angegeben ohne Luftraum wäre das ungefähr so
156 und soviel.

157 S: Und wenn das beim Lösen überprüfen ist würdest du sagen, dass hast du des-
158 halb, weil du dich jetzt schon lange mit der Aufgabe beschäftigt hast?

159 B: Oder was sonst?

160 S: Ja, weiß ich nich?

161 B: Ja, ich glaub schon, wir haben uns ja damit beschäftigt, mir würde da auch
162 nichts anderes einfallen, muss ich ehrlich sagen.

1 **Cassie 1**

2 S: Beschreib mir doch mal erst, wie du so vorgegangen bist!

3 C: Zuerst mal haben wir uns das Bild genau angeschaut und haben uns irgendwie,
4 ja versucht erstmal so mit Händen uns die Größe versucht vorzustellen im Ver-
5 gleich zu dem Glas und dem Bonbon.

6 S: Warum haste da Hände genommen, wie biste darauf gekommen?

7 C: Also ich brauch immer, ich bin eher so der Typ und muss mir das visuell, ich
8 brauch immer son Vergleich, damit ich mir das besser vorstellen kann. Immer so,
9 ich muss mir da auch entweder auch was aufmalen, so kann ich mir das besser
10 vorstellen. Ja und dann haben wir erstmal so erste Versuche unternommen, die
11 dann allerdings so'n bisschen jetzt nicht ganz auf die, auf unsere Lösung dann
12 Einfluss hatten. Allerdings haben sie uns halt recht gut geholfen.

13 S: Wie haben die euch denn dann geholfen?

14 C: Also zuerst hatten wir das Falsche und dann haben wir irgendwie nochmal so
15 nachgedacht, hm, wie können wir das jetzt; irgendwas stimmt da doch jetzt nicht.

16 S: Und warum warst du der Meinung, dass da was nicht stimmt?

17 C: Also wir hatten bei dem einen, bei diesem Bonbon, hatten wir das Volumen
18 ausgerechnet und das waren ja Kubikzentimeter und bei dem Glas hatten wir dann
19 irgendwie den Flächeninhalt ausgerechnet und das waren dann ja Quadratzen-
20 ter. Und dann haben wir uns schon irgendwie gedacht, ja das passt ja jetzt irgend-
21 wie auch gar nicht, weil Volumen ist ja auch räumlich, Flächen [denkt nach] ähm
22 Flächeninhalt eben nicht und na dann haben wir uns gedacht, jetzt müssen wir
23 auch erstmal das Volumen von Glas ausrechnen, damit wir dann das halt ja divi-
24 dieren können und ähm dann ist jetzt Marry [lacht] auf die Idee gekommen, ähm
25 das es dann ja so ein Kegelstumpf sein könnte und äm da haben wir dann auch die
26 Formel für das Volumen gefunden und dann haben wir uns gedacht, ja das könnte
27 es sein, das probieren wir jetzt mal aus.

28 S: Ok, und du hast so gedacht, das kann es sein? Warum haste denn gedacht, das
29 kann es sein?

30 C: Äm ja, also weil erstmal, weil's dann beides Volumen war und äm so dann
31 auch wirklich diese Einheit hat und wirklich auch auf ein Ergebnis kommt, was
32 auch stimmen könnte. Ich weiß jetzt nicht, also einfach, ich denk mir, wir haben
33 uns einfach gedacht: Volumen durch Volumen teilt dann, müsste man auch auf
34 die Anzahl kommen, wie viel da dann auch reinpasst.

35 S: Und hat dieses auf die Anzahl kommen, hat, war dir das bewusst, weil du das
36 vorher schonmal gemacht hast oder weil dir das innen irgendwie was gesagt hat?

37 C: Hmm, muss ich erst mal überlegen, also hm [Stille] gemacht. Also wir hatten
38 so vereinzelte Fälle, hm auch im Unterricht, wo wir halt auch Volumen auch
39 rechnen haben und dann haben wir das auch schon geteilt, um dann auch wirklich

- 40 halt vereinzelte Sachen rauszubekommen. Und äh ich glaub, das war jetzt eher so
41 ähm ganz ähm Bauchgefühl mässig, denk ich einfach. Also jetzt gar nicht drauf
42 bezogen, dass wir was vereinzelt schon gemacht haben. Denke ich jetzt mal.
- 43 S: Okay. Und wo ihr dann das, die zweite Aufgabe gerechnet habt, da habt ihr ja
44 auch nen Ergebnis rausgehabt. Wo war denn der Unterschied jetzt zwischen der,
45 also am Anfang habt ihr ja kurz geschätzt, da ward ihr ja nach zwei Minuten hattet
46 ihr was. Wo ist denn da der Unterschied, wo du jetzt sagst, dass die zweite Aufga-
47 be, warum hast du denn die zweite Aufgabe überhaupt angefangen?
- 48 C: Hm.
- 49 S: Was hat dir denn gesagt, du musst noch ne zweite Aufgabe machen?
- 50 C: Also hm, erstmal nur mit nem Schätzen, da hat man auch erstmal nur so'n un-
51 gefähres ja, was könntest jetzt sein, ein wirklich nur geschätzt. Aber da hat man ja
52 kein wirklich realistisches hm Bild, sag ich jetzt einfach mal, äm.
- 53 S: Und was sagt dir das? Also was sagt dir selber, dass das kein richtiges Bild so
54 ist? Was, was sagt dir das im Inneren so? Oder, wie machst du das fest?
- 55 C: Also da es hier auch um's Rechnen eigentlich ging und wir auch wirklich nur
56 geschätzt haben, hm ja, da war das auch schon, wir müssen jetzt auch wirklich
57 was rechnen. Dann war da ja auch noch das mit diesem ähm, ähm Model [wird
58 von S. unterbrochen].
- 59 S: Modellierungskreislauf.
- 60 C: Ja genau. Mit diesem Modellierungskreislauf und ähm ja da ich weiß jetzt gar
61 nicht, wie ich das jetzt genau erklären soll. Also einfach ja, dass wir dann auch
62 noch ne Rechnung brauchten.
- 63 S: Okay.
- 64 C: [lacht].
- 65 S: Und also ihr musstet dann noch irgendwas rechnen. Also dir hat irgendwas
66 gesagt, wir müssen was rechnen. Daraufhin hast du dann noch mal gerechnet. Und
67 bei der Aufgabe, wie war das jetzt, wo du dann sagst, du bist am Ende? Dann,
68 dass du so zufrieden warst damit? Wie bist du denn da so hingekommen?
- 69 C: Ähm, also jetzt einfach dazu, dass ich einfach wirklich gesagt habe, ja das
70 könnte unser Ergebnis sein. Ja also, ähm ich bin halt wirklich, bei mir ist das im-
71 mer so, wenn da ne gerade Zahl rauskommt, dann bin ich auch wirklich so, oh ja,
72 das finde ich gut und hoffe da, dass das jetzt richtig ist.

- 73 S: Warum?
- 74 C: Weil das is ja einfach, weil jetzt in diesem Glas, das soll ja mit Bonbons gefüllt
75 werden und da können ja jetzt nicht irgendwie so dreiviertel Bonbons oder zehn-
76 achtel Bonbons rumliegen und ähm da haben wir auch schon wirklich das Ziel
77 gehabt eine gerade Zahl zu finden, um halt dieses Glas zu füllen.
- 78 S: Okay.
- 79 C: Ganzen Bonbons und nicht mit Halben.
- 80 S: Was, was sagt das dir denn, also dass da ein ganzes Bonbon rein muss.
- 81 C: Naja, es soll ja auch die ganze Fläche genutzt werden und ich weiß nich, dass
82 ist einfach, da steht ja jetzt auch in der Aufgabe wie viele Bonbons und nicht wie
83 viele halbe Bonbons oder wie viele Bonbonstücke sondern Bonbons. Ganze Bon-
84 bon.
- 85 S: Ganze Bonbon, okay.

1 **Cassie 2**

- 2 S: Erzähl mir mal kurz, wie du heute vorgegangen bist!
- 3 C: Äm [Stille] ja, also [überlegt] zu erstmal haben wir uns wirklich dieses Bild
4 angeguckt. Mm und dann halt so ähm gesehen, ja also, das ist ja so 'ne Halbkugel
5 und ähm dann haben wir uns halt aus der Formelsammlung ähm die Formel für
6 das Volumen von ner ganzen Kugel und haben dann beschlossen ja am Schluss
7 dividieren wir das durch zwei. Und.
- 8 S: Woher weißt du, das denn, dass du das dann durch zwei dividieren musst?
- 9 C: Naja, also das ähm weil's ja nur ne Halbkugel ist brauchten wir auch nur das
10 halbe Volumen und ja [überlegt] dann haben wir halt [überlegt] ähm gemessen auf
11 diesem Bild, wie viel Zentimeter ähm der Durchmesser hat und das haben wir
12 dann ähm in [überlegt] den Radius umgerechnet, also auch durch zwei geteilt
13 [überlegt] und haben das dann in die Formel eingesetzt und dann [überlegt] mh
14 [überlegt] so [überlegt] muss ich mal kurz überlegen, [lacht]. So wir hatten zuerst
15 noch die Maßeinheit Dezimeter genommen und dann halt beschlossen, dass wir
16 die dann am Ende in Meter umrechnen wollen.
- 17 S: Und [Stille] warum ?
- 18 C: Also, wir hatten halt zuerst ganz am Anfang mit Zentimetern gerechnet.
- 19 S: Mhm.

- 20 C: Aber dann als wir bei der Lösung angekommen waren, war das für uns ne recht
21 unwahrscheinliche Zahl, weil [wird von S. unterbrochen].
- 22 S: Ist das für dich auch ne unwahrscheinliche Zahl dann gewesen?
- 23 C: Also jetzt das mit den Zentimetern?
- 24 S: Mh.
- 25 C: Also ja, wir haben die dann in Meter umgerechnet.
- 26 S: Warum hast du das denn gemacht?
- 27 C: Also hm [überlegt] weil [überlegt] also diese Kuppel kann ja schlecht irgend-
28 wie Zentimeter irgendwie so.
- 29 S: Was sagt dir das denn? Dass, das keine Zentimeter sein können?
- 30 C: Naja [überlegt] also.
- 31 S: Was?
- 32 C: Weil's nen Gebäude ist [lacht] und ich weiß nicht, da ist es auch einfacher,
33 wenn man halt mit großen Mengenangaben arbeitet, also mit Metern zum Bei-
34 spiel.
- 35 S: Weil das ein Gebäude ist. Und woher weißt du dann, dass du da keine Zentime-
36 ter nehmen darfst? Was sagt dir das?
- 37 C: Naja, Zentimeter ist ja halt ne ziemlich kleine Einheit.
- 38 S: Ja?
- 39 C: Mit der man einfach [Stille] bei kleinen Gegenständen arbeitet und weiß nicht.
- 40 S: Aber warum weißt du das? Zentimeter kleine Gegenstände, Meter große Ge-
41 genstände. Wie?
- 42 C: Grundschule? [Lacht], ich weiß nicht. So impulsiv [überlegt] also das ist ein-
43 fach so eingetrichtert.
- 44 S: Was ist das impulsiv?
- 45 C: Also ähm, dass ist einfach so, wenn ich jetzt so sage, in mir drin, [überlegt]
46 dass ich sage Zentimeter ist für kleine Sachen, Meter ist für große Sachen.
- 47 S: Das ist in dir drin. [Überlegt] also es war in dir drin, Zentimeter, das kann nicht
48 sein. Ne größere Einheit muss her und dieses in dir drin sein, wenn du das mal
49 beschreiben müsstest?
- 50 C: Naja also [überlegt] ich weiß nicht [überlegt] das von klein auf wurde uns das
51 schon in der Grundschule so beigebracht und dann hat man das, ich weiß nicht

- 52 [überlegt] verinnerlicht und macht das dann einfach automatisch schon ohne groß
53 nachzudenken.
- 54 S: Und du denkst dann nicht nach?
- 55 C: Nee nicht wirklich.
- 56 S: Und kannst du das dann, kannst du das auch nicht beschreiben?
- 57 C: Nicht wirklich, also ich würd's jetzt einfach als Impuls oder Reflex beschrei-
58 ben [überlegt] ich weiß nicht einfach [überlegt] instinktiv.
- 59 S: Und ist das instinktiv?
- 60 C: Ja.
- 61 S: Ist das dann, nimmst du das wahr, dass du das [wird von C. unterbrochen].
- 62 C: Also eigentlich eher weniger, ich weiß nicht [überlegt] einfach, das ist dann
63 halt einfach so da und das ist in meinen Kopf drin und [überlegt] das äh beachte
64 ich dann halt, wenn ich jetzt weiterrechne. [Überlegt] das ich weiß nicht, wie das
65 ist [überlegt] das ist einfach wirklich einfach so. Das ist so ne sag ich jetzt mal
66 Grundregel in meinem Kopf.
- 67 S: Mhm. Also es ist eine Grundregel in deinem Kopf und dann macht irgendwas
68 in deinem Kopf, so'n Effekt, der das rausläßt?
- 69 C: Ja.
- 70 S: Oder ist dieser Effekt auch ne Grundregel?
- 71 C: Ja, also das ist [überlegt] ähm, ja wie gesagt, so, so'n Impuls einfach, also das
72 man, das einfach wirklich [überlegt] ähm das macht, ohne das wirklich zu realisie-
73 ren, dass man das macht.
- 74 S: Mhm.
- 75 C: Das ist einfach [überlegt] so, sowas, was man nebenbei macht, was, was All-
76 tägliches, nenn ich jetzt einfach mal.
- 77 S: Und in welchen Phasen ist das jetzt bei dir aufgetaucht [überlegt] wenn du dir
78 die Phasen des Modellierungskreilaufs anguckst?
- 79 C: Also, ich glaub schon beim zweiten Schritt, wo wir schon sagen sollten [über-
80 legt] ähm, das sind jetzt, also was für'ne Maßeinheit hat, mit der wir halt anfangen
81 zu rechnen.
- 82 S: Also gleich am Anfang, wenn du die Aufgabe verstehst und ein Modell ers-
83 tellst?
- 84 C: Ja.

85 S: Und kommt das dann nochmal?

86 C: Ja [überlegt] ich glaub schon, also [überlegt] ich würd mal jetzt sagen, mhm
87 [überlegt] ganz zum Schluss [überlegt] würd ich jetzt mal sagen [überlegt] so
88 entweder irgendwie so zwischen fünften, sechsten und siebten Schritt.

89 S: Also [wird von C. unterbrochen].

90 C: Denk ich jetzt mal oder auch schon beim vierten Schritt [überlegt] ich weiß
91 nicht, es ist [überlegt] ich kann das jetzt gar nicht so genau sagen, gerade weil es
92 jetzt einfach [überlegt].

93 S: Kommt das denn vielleicht öfter bei dir?

94 C: Mh.

95 S: Oder kommt es einfach so spontan und unbewusst, dass du das gar nicht dann
96 mehr wahrnimmst?

97 C: Ja, also ich würd schon sagen, dass ich es dann wirklich gar nicht mehr wirk-
98 lich dann mehr wahrnehme einfach [überlegt]. Das es dann einfach da ist und
99 dann macht man das und irgendwie [überlegt] aber ohne es wirklich ähm ohne
100 wirklich zu sagen, hier jetzt machst du das so und so.

101 S: Hm und also ganz deutlich kommt das einmal am Anfang und dann noch mal
102 irgendwann?

103 C: Irgendwann in den letzten Schritten.

1 **Cool 1**

2 S: Beschreib mir mal wie du vorgegangen bist? Bei der Lösung der Aufgabe!

3 C: Naja, ich hab natürlich die Aufgabe taktisch gelöst.

4 S: Was heißt denn taktisch?

5 C: Naja, zuerst hab ich die genauen Maße ermittelt und sie dann in verschiedene
6 Formeln eingesetzt. Die ich ja schon vorher wusste.

7 S: Woher wusstest du die denn?

8 C: Ja, die hab ich irgendwann schon mal vorher in der Schule gehabt.

9 S: Ok, und wie bist du auf die Maße gekommen?

10 C: Ja, also ich habe sie mit einem Lineal gemessen.

11 S: Mhm.

12 C: Weil ich dachte, dass es die Richtigen sein könnten.

13 S: Und warum dachtest du denn, dass das die Richtigen sein könnten?

- 14 C: Ja, weil sie da den Formeln entsprachen. Also was man einsetzen musste.
- 15 S: Die Maße entsprachen den Formeln?
- 16 C: Ja, die , äh also zum Beispiel der Radius war auch der Radius in der Aufgabe.
- 17 S: Ok, aber was hattest du denn jetzt beispielsweise zum Radius? Welchen Wert
- 18 hattest du denn da?
- 19 C: Ja, zum Beispiel hatte ich zwei verschiedene Werte unten und oben.
- 20 S: Ja und wie bist du dann [Cool redet dazwischen].
- 21 C: Und da hat mir die Formel geholfen dabei.
- 22 S: Wie bist du denn auf den Wert gekommen des Radius? Den hast du ja erstmal
- 23 so'n bisschen abgeschätzt oder gemessen?
- 24 C: Gemessen.
- 25 S: Ok, was hat dir dann gesagt, dass der richtig ist?
- 26 C: [Überlegt] ja, das [weiß nicht weiter].
- 27 S: Oder das du damit weiter rechnest?
- 28 C: Ehrlich gesagt, ist das eher so'ne Vision. Ich wollte erstmal das Ergebnis aus-
- 29 rechnen, ob es realistisch erscheint.
- 30 S: Was war das denn für eine Vision? Beschreib mir die mal.
- 31 C: Hm [überlegt] naja, es ist einfach so'n Gefühl das ich habe ja.
- 32 S: Woher kommt denn dieses Gefühl?
- 33 C: Von daher, dass ich bei dieser Vision Angaben mir genau vorstelle.
- 34 S: Du stellst dir das genau vor und dann kommt bei dir so'n Gefühl und was
- 35 macht das Gefühl dann mit dir? Oder die Vision?
- 36 C: Naja, diese [denkt nach] ich empfinde das als richtig.
- 37 S: Du empfindest das als richtig.
- 38 C: Ja, genau, da kommt ein Gefühl einfach, man kann es nicht so richtig beschrei-
- 39 ben.
- 40 S: Du kannst es nicht beschreiben aber konntest du da einen Namen für finden, für
- 41 dieses Gefühl?
- 42 C: [überlegt] Hm, n [S. redet dazwischen].
- 43 S: Nein, kannst du das, wenn du das Gefühl nicht so beschreiben kannst, ist das,
- 44 ist dir das bewusst oder ist dir das unbewusst?
- 45 C: Hm, naja, eher unbewusst, das kommt einfach, so ich guck's mir einfach an
- 46 und denke die Ergebnisse, also erst als ich die Ergebnisse hab dann ist es noch ein

47 bisschen besser; da sehe ich einfach, dass die Zahlen ein bisschen runder sind oder
48 dass sie, wenn ich sie mir genau im Kopf vorstelle, ob es auch so passen könnte;
49 das es auch so richtig wäre.

50 S: Du guckst also ob irgendwas so passt?

51 C: Ja also, ob ich es mir so bildlich vorstellen kann, von Alltag eher her.

52 S: Vom Alltag?

53 C: Ja zum Beispiel mit dem Bonbons, ob das wirklich reinpassen könnte in dies
54 Glas.

55 S: Und was ist das dann vom Alltag, was ist das dann? Ist das dann auch Wissen
56 oder ist das dann auch mehr so 'ne Vision? Oder woher weißt du das denn?

57 C: Naja [denkt nach].

58 S: Oder kann man das auch eher schlecht beschreiben?

59 C: Man kann es schlecht beschreiben.

60 S: Beschreiben ist schlecht und ist das dann mehr bewusst oder unterbewusst so?

61 Dieses Alltagswissen, also stellst du dir dann auch irgendwie so 'n Bild vor?

62 Oder? Wie ist denn das, beschreib mal.

63 C: Ich stell mir so die beiden Größen vor. Von dem Glas und auch von den Bon-
64 bons und ob die, wieviel da ungefähr reinpassen würden. Und ja ich weiß ja vom
65 Alltag, wie groß die beiden Dinge sind. Dann kann man das ungefähr schätzen.

66 S: Also du denkst an den Alltag und dann kannst du das so abschätzen?

67 C: Ja.

68 S: Aber warum du an den Alltag denkst [Cool redet dazwischen].

69 C: Ja, weil ich diese Dinge jeden Tag sehe.

70 S: Weil du die Dinge jeden Tag siehst, ok. Und wenn du jetzt, die äh mit deiner
71 Vision, 'ne wo du gesagt hast, dass könnte passen, dass stimmt dann irgendwie.

72 Wenn du die jetzt in den Modellierungskreislauf einordnen würdest, wo würdest
73 du sie da einordnen?

74 Passiert das eher am Anfang, wenn du die Aufgabe liest oder ist das erst, wenn du
75 die, wenn du so 'n Modell erstellst oder wenn du die Aufgabe für dich vereinfachst
76 und ein reales Modell erstellst? Oder wenn du dann die Aufgabe mathematisierst?

77 C: Ja, eher bei dem Mathematisieren, wo ich die Angaben schon habe.

78 S: Und kommt das später dann auch nochmal? Wenn du das ausrechnest?

79 C: Ja, bei dem, em Resultat, wenn das schon fertig ist.

- 80 S: Wenn das fertig ist, kommt das auch nochmal? Und wie kommt das dann, be-
81 schreib mir das, beschreib mir noch mal den Unterscheid, wenn du fertig bist, wie
82 da diese Vision, wie du sie genannt hast kommt, und wie sie hier kommt, wenn du
83 die Aufgabe mathematisierst.
- 84 C: Hm, muss ich was sagen?
- 85 S: Ja, bitte.
- 86 C: Hm, irgendwie, es kommt einfach, dass kann man schlecht sagen, ähm ich
87 weiß nicht.
- 88 S: Es kommt einfach und für dich ist es 'ne Vision oder fällt dir da noch ein ande-
89 rer Name für ein?
- 90 C: Ein Gefühl, das richtig ist. Ich hab das Gefühl einfach.
- 91 S: Du hast das Gefühl einfach. Und woher das kommt weißt du nicht, ist es eher
92 bewusst oder unterbewusst?
- 93 C: Ich finde eher, es ist bewusst aber es kommt einfach so.
- 94 S: Also das Gefühl zum Schluss ist bewusst und wie das kommt ist unterbewusst.
- 95 C: Ja.
- 96 S: Und für dich ist es so' ne Vision und ein Gefühl.
- 97 C: Ja.

1 **Cool 2**

- 2 S: Ok. Beschreib mir mal ganz kurz, wie du heute vorgegangen bist.
- 3 C: Na, zuerst hab ich ähm [denkt nach] mir das Bild genau angeguckt, überlegt,
4 äh [überlegt] wie groß die Kuppel in Wirklichkeit sein könnte, so ob es da Anhalt-
5 spunkte geben könnte, wo ich ungefähr wissen könnte, wie groß die sind. Zum
6 Beispiel eine Frau, die in der Kuppe war, da hatte ich eine. Da dachte ich unge-
7 fähr, dass sie 1,70 groß ist und wieviel Zentimeter sie im Bild hat.
- 8 S: Wie bist du da drauf gekommen? Oder hast du das gespürt, dass du diese Frau
9 anguckst?
- 10 C: Ja, [lacht].
- 11 S: Kannst du mir den Gedanken dahin beschrieben?
- 12 C: Naja [überlegen] also [denkt nach] mein Gedanke war, ich hab zuerst die ganz
13 vorne gesehen und da wusste ich gleich, dass die einfach was damit zu tun haben
14 müssten mit der Lösung.

- 15 S: Warum wusstest du das gleich?
- 16 C: [Nachdenken] Naa, weil [Schweigen] hm [Schweigen] das war die einzigen
17 Anhaltspunkte, die man ungefähr bestimmen konnte.
- 18 S: Was hat dir denn gesagt, dass es die Anhaltspunkte sind?
- 19 C: Mein Gedächtnis.
- 20 S: Wie dein Gedächtnis?
- 21 C: Ich fand das einfach logisch, es war wirklich das Einzige, wo man ungefähr
22 sagen konnte, wie groß das ist. Die anderen Sachen auf dem Bild konnte man
23 nicht so gut beschreiben.
- 24 S: Kannst du die Logik beschreiben?
- 25 C: [Überlegt] Nein.
- 26 S: Ist das denn nur Logik gewesen?
- 27 C: Ich hoffe es [lacht].
- 28 S: Könnte das auch noch was anderes gewesen sein für dich?
- 29 C: Naja, vielleicht kommt das auch aus'm Alltag [Nachdenken] so'n bisschen so
30 [Schweigen] weil ich mir die Menschen angucke, die ungefähre Größe von 'ner
31 Frau oder so. [lacht] Ich weiß nicht.
- 32 S: Wie du weißt nicht?
- 33 C: Naja, also [Stille] hm..mh..ja..m...das ist schwer zu erklären, man sieht einfach
34 nur die Person da, aber es gab fast nix anderes, die man bestimmen konnte, also
35 die anderen Sachen, die war'n [denkt nach] mmmmit 'ner Größe verbunden oder so.
- 36 S: Was sagt dir denn, dass diese Person mit der Größe verbunden ist?
- 37 C: Naja ich [denkt nach]. Man hört ja täglich, wie groß jemand ist. Dann weiß
38 man die ungefähre Durchschnittsgröße von 'ner Frau [Stille] und [überlegen]
39 nicht zum Beispiel von 'nem Haus oder so.
- 40 S: Hmh, ok. Dann hast du irgendwann noch gesagt: „Wir könnten auch 'nen Vie-
41 reck ausrechnen und die Dreiecke abziehen“. Wie bist du denn darauf gekommen?
- 42 C: Na, ich hatte eigentlich mathematisch [überlegt] müsste gehen, wenn ähm
43 [Stille] das man ein Viereck macht und dann hat man ja genau, dann kann man die
44 Größe von dem restlichen zwei Stücken dann ausrechnen. Das geht ja schon mal,
45 wenn man die anderen Größen hat, aber dann ist mir aufgefallen, dass halt 'nen
46 halbrundes Dreieck wäre. Und das würde dann nicht aufgehen.

- 47 S: Wie ist das denn in deinen Kopf gekommen, das mit dem Viereck und dem
48 Dreieck?
- 49 C: Naja, ich glaube wir haben das schon mal im Unterricht behandelt [denkt nach]
50 das man [denkt nach] irgendwie durch 'ne Aufgabe. Wir hatten solche Aufgaben,
51 bei denen man das so tun konnte.
- 52 S: Also hast du da an altes Wissen gedacht und an alte Aufgaben?
- 53 C: Ja.hhm [überlegt] mit zum Beispiel [überlegt] das waren so Aufgaben mit
54 Rechnen halt so was.
- 55 S: Okay. Dann hast du noch mal gesagt, das ist keine Kugel. Und danach hast du
56 in die Formelsammlung geguckt, wie bist du denn dazu gekommen?
- 57 C: Ja, weil die öhm [überlegt] dieses [überlegt] diese Kuppel in dem Bild, da war
58 der Radius von der Höhe, war anderes als von der Breite. Bei einer Kugel ist das
59 immer gleich.
- 60 S: Und, warum hast du dann in die Formelsammlung geguckt?
- 61 C: Na, ob da nicht noch 'ne andere Formel für ein für so'n Körper ist.
- 62 S: Was hat dir gesagt, dass du in die Formelsammlung gucken muss?
- 63 C: Das ich da 'ne gute Formel finde.
- 64 S: Wie kam das auch deinem Kopf raus?
- 65 C: [überlegt] ja [überlegt] jetzt muss ich nachdenken. Also ja, ich wusste einfach,
66 dass das in der Formelsammlung sein muss, weil sonst würden wir das ja nicht
67 berechnen [Stille] und da gab's erstmal nur diese Vierecke und ich wusste ein-
68 fach: Ohne die hätte ich das halt nicht geschafft.
- 69 S: Aber woher wusstest du dass denn?
- 70 C: Ich wusste, ich hab geraten, ob das da drinne ist.
- 71 S: Du hast geraten?
- 72 C: Ja [überlegt] es war auch meine einzige Chance, das zu berechnen, weil ich
73 auch schon geguckt habe, ob was anderes geht, aber es ging ja nix anderes zu be-
74 rechnen.
- 75 S: Und dann hast'e noch mal gesagt, „ich hatte auf einmal einen Blitz“. Beschreib
76 mir mal diesen Blitz.
- 77 C: Das war nur ein Witz! [lacht]
- 78 S: Das war ein Witz?
- 79 C: Ja.

- 80 S: Okay, gut. Und wo du dann nochmal in die Formelsammlung geguckt hast, was
81 ist da bei dir vorgegangen im Kopf?
82 C: [überlegt]hm, naja, was in meinem Kopf vorgegangen ist, ich musste einfach
83 die lösung suchen.
84 S: Woher wusstest du denn, dass du einfach die lösung suchen musstest?
85 C: Weil ich sonst die Aufgabe nicht aufgeht. Einfach wegen [überlegt] weil ich
86 schon am Ende war [überlegt] weil ich nicht wusste, wie ich weiter machen sollte,
87 ohne die richtige Formel.
88 S: Und was sagt dir, dass du da die richtige Formel brauchst? Sagt dir das irgend-
89 was im Inneren?
90 C: Nein.
91 S: Logik
92 C: Logik.

1 **Epic 1**

- 2 S: Okay, ähm beschreib mir doch erst mal ganz kurz, wie du so vorgegangen bist?
3 M: Hm, beim ersten Mal hab ich halt das Glas hm als Papier ähm gefaltet sag ich
4 mal. Ähm und hab geguckt ähm, also ich hab das ähm Bonbon mit dem Lineal
5 ausgemessen und hab ähm ungefähr geguckt ähm, wenn ich dieses Glas habe und
6 die darein legen würde, wieviel da rein passen würde.
7 S: Wie bist du darauf gekommen, dass du ein Papier faltest?
8 M: Hm [überlegt] ich hatte erstmal nichts besseres und wollte halt das Glas als
9 Körper vor mir haben nicht als [überlegt] ähm Bild.
10 S: Und was, was sagt dir, also woher kommt das, dass du im Inneren jetzt sagst,
11 ich möchte so'n Körper vor mir haben?
12 M: [Überlegt].
13 S: Findest du da irgendwie einen Namen?
14 M: [Überlegt] ähm.
15 S: Oder kannst du das beschreiben?
16 M: Ja, dass ist halt leichter, wenn man das vor sich hat und auch ähm [überlegt]
17 von verschiedenen Seiten sehen kann und auch diese Raamtiefe hat. Ähm ja nicht
18 nur nen Foto, wo nicht nur die Proportionen und unten, dachte ich mir, wird es

- 19 irgendwie nen bisschen kleiner dargestellt. Also oben wird es kleiner dargestellt,
20 als es wirklich ist. Nja, und so hat man es halt, als würde man es machen wollen.
- 21 S: Hmh.
- 22 M: Diese Aufgaben.
- 23 S: Okay. Und bei der zweiten Aufgabe, wie also bei der zweiten Lösung, die du
24 dann hattest, wie bist du da vorgegangen?
- 25 M: Wir hatten ja die Formelsammlung und da hab ich erstmal geguckt, die Formel
26 für den [überlegt] ach wie heißt es nochmal [überlegt].
- 27 S: Kegelstumpf.
- 28 M: Ja genau, und die Kugel [überlegt] und dann hab ich halt erstmal [überlegt] ja
29 wieder ausgemessen, die Maße, die da auf dem Foto waren, dann ein wenig ver-
30 ändert, um es ein wenig realistischer zu machen.
- 31 S: Mhm.
- 32 M: Dann die Kugel nochmal [überlegt] ja dann die Volumen ausgerechnet von
33 beiden von Kugel und Kegel.
- 34 S: Da hast du ja, da haste irgendwann gesagt, „ja das kommt hin: zehn Zentimeter
35 Höhe“. Bei dem Glas, wie bist du denn dadrauf gekommen?
- 36 M: Ja, [überlegt] also [überlegt].
- 37 S: Da hast du richtig so gesagt: Peng, „zehn Zentimeter Höhe, ja das kommt hin“.
- 38 M: Weil ich mir ungefähr vorgestellt habe, ein Glas ähm was man benutzt. Hat ja
39 auch ne Höhe, wenn's zu klein ist kann man es ja nicht gut benutzen [überlegt]
40 ähm.
- 41 S: Ja und weißt du, wer dir das? Oder, was im in deinem Kopf oder wie das so
42 raus kam, dieses „ja das kommt hin“? Das hast du so richtig [überlegt] überzeu-
43 gend gesagt, kannst du das in Worte fassen?
- 44 M: Ach.
- 45 S: Weißt du was ich meine?
- 46 M: Ja ja schon, ähm [überlegt].
- 47 S: Versuch mal das zu beschreiben. Was so, was hat dein körper da mit dir ge-
48 macht so [überlegt], dass du das mir mal beschreibst!
- 49 M: Ja, ich hab mir wieder vorgestellt [überlegt] mh [überlegt] ein Glas, wo man
50 dann Bonbons reinmacht, ja, dass [Stille]. Und das sah auch auf dem Bild so aus,
51 als wär das von oben fotografiert und deswegen bisschen kürzer und ich dachte

- 52 mir schon, dass müsste eigentlich etwas größeres Glas sein ähm vor allen Dingen,
53 weil das hat äh einen eher großen Schatten geworfen auf den Tisch.
- 54 S: Also du hast mehr an den Schatten gedacht und dann hast?
- 55 M: Ja, ich hab den Schatten auch mitbenutzt, um mir das Glas vorzustellen, dass
56 hab ich mir halt ein bisschen höher vorgestellt.
- 57 S: Aber du kannst jetzt nicht so hundertprozentig sagen, warum das bei dir höher
58 war?
- 59 M: Nee, das nicht.
- 60 S: Und kannst, kannst du daran noch denken, also findest du im Gehirn irgend-
61 wie ein Gedanken oder ne Idee, wo du dich dran erinnern kannst? Oder kannst du
62 das gar nicht beschreiben?
- 63 M: Ich hab nur mir vorgestellt, wenn da und da was stände [überlegt] und es
64 reinmachen.
- 65 S: Okay und dann hast du ja auch noch gesagt: „oben müssen doppelt so viele
66 Bonbons hin, wie unten“.
- 67 M: Ja, das war.
- 68 S: Wie bist du denn [wird von M. unterbrochen].
- 69 M: Ungefähr doppelt so viel, weil ja wir hatten ausgemessen oben acht Zentimeter
70 und unten vier, oben nen bisschen größer aber weil's ja ein Kegel war, also oben
71 wurde es größer, müssten da auch mehr Bonbons reinpassen.
- 72 S: Und warum ? Auf welches Wissen machst du das denn fest so?
- 73 M: Ja, weil oben ja ein größerer [überlegt].
- 74 S: Radius, Durchmesser?
- 75 M: Ja, genau Radius oder Durchmesser halt.
- 76 S: Aber woher weißt du, das denn, wenn ein größerer Radius oder ein höherer
77 Durchmesser ist, dass da dann mehr Bonbons reinpassen?
- 78 M: [Überlegt] Es war ein [überlegt].
- 79 S: Hast du das mal gelernt oder ist es so?
- 80 M: Das ist ja eigentlich logisch.
- 81 S: Warum ist das denn logisch?
- 82 M: [Überlegt] wahrscheinlich, weil man das ja im Alltag ja sieht, dass man ähm,
83 dass man trinkt zum Beispiel aus so'm kegelförmigen Glas ist dann oben mehr ist.

- 84 S: Also du meinst, weil du das im Alltag mal gesehen hast, erinnerst du dich jetzt
85 dran?
- 86 M: Ja, so ziemlich.
- 87 S: Und ist dir das bewusst, dass du dich da erinnerst oder ist das so, läuft das alles,
88 so im Untergrund ab?
- 89 M: Eher im Untergrund, ja.
- 90 S: Und kannst du da nen Namen für finden, für diesen Untergrund?
- 91 M: Unterbewusstsein?!
- 92 S: Unterbewusstsein, aha. Und [überlegt] ist das dann mehr wie so'ne Idee oder
93 wie so ein Einfall oder ist das ganz im Unterbewusstsein mehr?
- 94 M: [Überlegt].
- 95 S: Weil dieses „ja kommt hin mit dem zehn Zentimeter Höhe“, das war ja schon
96 mehr so wie so'n [überlegt] Aha-Effekt, sag ich mal. Kannst du, wenn du das
97 jetzt, wenn du sagst, du wusstest, dass oben doppelt so viele Bonbons reinkom-
98 men und das dir das im Unterbewusstsein passiert. Und wenn du jetzt denkst, dass
99 mit dem zehn Zentimeter Höhe ist das dann auch mehr unterbewusst oder ist dir
100 das richtig bewusst. Und wenn das unterbewusst ist, versuch mir das nochmal, so
101 wie das in deinem Unterbewusstsein ist, zu beschreiben, wenn du das beschreiben
102 kannst.
- 103 M: Ja, also, dass mit dem doppelt so vielem ist halt vergleichbar mit ähm [über-
104 legt] mit zum Beispiel Addieren. Das weiß man ja, wie das geht. Da weiß man
105 auch dass eins plus eins, weiß man automatisch, dass das zwei ist. [Überlegt] ja,
106 sodass man das halt schon als selbstverständlich weiß [überlegt] ja.
- 107 S: Und da wusstest du jetzt auch, das ist auch so selbstverständlich für dich?
- 108 M: Ja.
- 109 S: Du weißt das halt?
- 110 M: Ja.
- 111 S: Irgendwie, weißt du das?
- 112 M: Ja.
- 113 S: Aber warum du das weißt, dass weißt du nicht [lacht]?
- 114 M: Ja. [Lacht].
- 115 S: Okay, gut. Und dann bist du ja auch noch irgendwie [überlegt] auf [überlegt]
116 du bist auf acht gekommen? Was war denn die Acht?

- 117 M: Das war das Volumen der Kugel und dann hatten wir halt das Volumen des
118 Glases.
- 119 S: Wie bist du denn auf acht gekommen überhaupt?
- 120 M: Wir hatten die Kugel ausgemessen mit´m Lineal so grob. Zweieinhalb Zenti-
121 meter kam daraus als Durchmesser und dann haben wir halt den Radius in die
122 Gleichung eingesetzt und kamen dann auf acht Kubikzentimeter.
- 123 S: Okay. Gut. Und wenn du jetzt sagst, dieses Unterbewusstsein, was wir da eben
124 festgestellt haben, wenn du das jetzt auf den Modellierungskreislauf so anwen-
125 dest, in welchen Schritt meinst du, war das bei dir?
- 126 M: Oh, da muss ich mal gucken.
- 127 S: War das eher, wo du, wo du erstmal das Modell aufgestellt hast oder wo du
128 dann die Aufgabe vereinfacht hast und das Reale Modell aufgestellt hast oder wo
129 du die Aufgabe mathematisiert hast oder wo du dann das hm die mathematische
130 Lösung errechnet hast oder war das später?
- 131 M: Ich denke eher [überlegt] hier in diesem Schritt, wo ich mir dann [wird von S.
132 unterbrochen].
- 133 S: Wo du versucht hast die Aufgabe zu vereinfachen und [wird von M. unterbro-
134 chen].
- 135 M: Ja.
- 136 S: Dir ein Reales Modell vorzustellen.
- 137 M: Ja, so ja.
- 138 S: Da meinst du war das alles sehr unterbewusst?
- 139 M: Mh.
- 140 S: Okay, kannst du mir da abschließend nochmal ganz kurz sagen, ob das mehr
141 Gedanken waren oder Ideen oder ob du das mehr so kreativ siehst? Weißt du, was
142 ich meine? Dieses Unterbewusste was ist das für dich mehr [Stille] oder ist das
143 Logik?
- 144 M: Das fällt für mich eher in den Bereich der Logik.
- 145 S: Logik. [Lacht] kannst du das erklären warum das Logik ist?
- 146 M: [Überlegt].
- 147 S: Für dich?
- 148 M: Nee.
- 149 S: Nee, okay gut.

- 1 **Epic 2**
- 2 S: Sag mir mal, wie du heute vorgegangen bist!
- 3 M: Also ich hab erst die Maße des Menschens genommen, also des Menschens in
4 der Kuppel ähm [überlegt] und die auf ähm [überlegt] die Kuppel angewendet und
5 die ähm Meterzahl für die Formel. [Überlegt] die Meterzahl zu ermitteln, um sie
6 in die Formel einzusetzen.
- 7 S: Warum hast du das so gemacht?
- 8 M: Weil ich eine Kubikmeterzahl als Volumen brauchte.
- 9 S: Okay, und kannst du sagen [überlegt] warum du das so gemacht hast?
- 10 M: [Überlegt] weil dieser Mensch, das einzige [überlegt] Objekt, sag ich mal, war,
11 dass von dem ich eine Größe ungefähr sagen konnte.
- 12 S: Und [überlegt] warum du jetzt, du jetzt gerade diesen Menschen angeguckt
13 hast, weißt du das?
- 14 M: [Stille] ja das ist halt ne Größe, die ich ungefähr bestimmen kann und ich muss
15 halt auch einen etwas weiter weg, also direkt an der Kuppel nehmen, ähm damit
16 die Verhältnisse stimmen.
- 17 S: Dann hast du den Mensch in Verhältnis zur Kuppel gesetzt.
- 18 M: Ja.
- 19 S: Mit dem Dreisatz?
- 20 M: Ja.
- 21 S: Wie bist du denn darauf gekommen?
- 22 M: Weil ich das halt immer so mache.
- 23 S: Warum machst du das immer so?
- 24 M: Weiß ich nicht.
- 25 S: Und ist dir das mehr bewusst oder unbewusst?
- 26 M: Eher unbewusst.
- 27 S: Also dir ist da irgendwas unbewusst, du machst das so, weil du das immer so
28 machst.
- 29 M: Hmja.
- 30 S: Und du kannst aber nicht erklären, warum du das so machst?
- 31 M: Nee.
- 32 S: Und kannst du dem einen Namen geben? Diesem unbewussten Machen?

- 33 M: Nee leider auch nicht.
- 34 S: Und dann hast du irgendwann gesagt: „es wäre oval“.
- 35 M: Hm, ja das war halt, weil wir hatten eine größere Höhe als ähm [überlegt] als
36 die Höhe hatten wir als Radius, weil wir dachten, es wäre eine ähm genau ne hal-
37 be Kugel. Ähm als ich dann die Breite gemessen hab ähm und die durch zwei halt,
38 um den Radius rauszufinden, war das kürzer und wenn man dann ähm den Radius
39 also die Höhe genommen hätte, so dass der Durchmesser ist, dann wäre es und die
40 Breite dann auch, dann wäre es oval gewesen und keine Kugel, deswegen.
- 41 S: Und was sagt dir, das dann, dass es oval ist?
- 42 M: Das kann irgendwie nicht sein, weil das sah irgendwie nicht oval aus.
- 43 S: Also jetzt eben bei dem Dreisatz, das war dir unbewusst, ist dir das hier auch
44 unbewusst oder [überlegt] wie ist das?
- 45 M: Das ist eher bewusst schon.
- 46 S: Das ist bewusst, warum ist das bewusst?
- 47 M: Weil ich erstmal [überlegt] weil ich ähm nicht gleich weiß, dass wenn der Ra-
48 dius höher ist als nen anderer ähm, dass das dann ein Oval ist, das muss man sich
49 erstmal aufzeichnen und weiß dann erst, dass es oval ist.
- 50 S: Ist es ist es dann Wissen, was du anwendest?
- 51 M: [Überlegt] ja schon.
- 52 S: Also wenn´s bewusst ist, wendest du mehr Wissen an sozusagen und wenn du
53 was Unbewusstes hast, ist das dann auch Wissen oder ist das dann kein Wissen?
- 54 M: Das hat finde ich eher Erfahrung.
- 55 S: Eher Erfahrung.
- 56 M: Ja.
- 57 S: Oder ist das Wissen, was du schon dein Leben lang hast?
- 58 M: Ja, das könnte auch sein.
- 59 S: Und bei dem Bewussten ist es mehr Wissen, was du noch nicht so lange hast?
- 60 M: Oder was ich nicht soviel anwende, wo ich keine große Übung drin habe.
- 61 S: Wo du keine große Übung drin hast. Okay. Zum Schluss hast du gesagt: „ach
62 komm, das passt schon“. Bei dem Ergebnis.
- 63 M: Ja, da hatte ich mir vorgestellt, als einen Menschen als ungefähr einen Quadrat
64 äh Kubikmeter [überlegt] ähm ja und dann ich war schon mal im Reichstag, in
65 dieser Kuppel drinne und dann hatte ich ähm mich erinnert und hab geguckt

- 66 19.000 Menschen, ob die auch gestapelt darein passen, das dach, denke ich schon,
67 das da soviel Menschen reinpassen.
- 68 S: Denkst du?
- 69 M: Ja.
- 70 S: Ist das dann, wie kommst du dann dahin, ja ich packe so und soviel Menschen
71 rein. Diesen Gedanken merkst du den auch oder wie ist der?
- 72 M: Der ist auch eher unbewusst.
- 73 S: Der ist auch eher unbewusst [überlegt]. Also du, du weißt irgendwie du musst
74 jetzt gucken, ob das Ergebnis passt und dann kommt was Unbewusstes und dann
75 kommt auch dieser Ausdruck, „ach komm das passt schon“. Denkst du dann über
76 diesen „ach komm das passt schon“ nach oder platzt das so aus dir raus?
- 77 M: Das platzt eher aus mir raus.
- 78 S: Das ist dann auch noch unbewusst und im Nachhinein bewusster?
- 79 M: Ja.
- 80 S: Das dieses, jetzt hast du ja vorhin gesagt, das Unbewusste ist mehr mit Erfah-
81 rung und das Bewusste mehr mit Wissen, was du nicht soviel anwendest. Und
82 dieses „ach komm das passt schon“, das Unbewusste, wie ist das?
- 83 M: [Überlegt] ja das kann man ähm [überlegt] also große Menschenmengen, sag
84 ich jetzt mal, die kann man ja in der Stadt und überall sehen oder auf'm Konzert
85 oder und ähm das sehe ich halt schon [überlegt] also große Anhäufungen von
86 Menschen sehe ich halt öfter als ähm [überlegt] ich gucken muss als, ob dass oval
87 oder ein Kreis ist, deswegen, denke ich, ist das mit Übung verbunden und das ha-
88 be ich schon oft gesehen. Deswegen denke ich auch, dass das mit Erfahrung dann
89 auch passt.
- 90 S: Okay. Hm, wenn du jetzt sagen musst, wir hatten zweimal was Unbewusstes,
91 wo kam das im Modellierungskreislauf vor? Einmal das erste Unbewusste, wo du
92 sagst, dass der Mensch, die Kuppel, der Dreisatz. Wo kam das vor?
- 93 M: Das denke ich, beim Ersten gleich.
- 94 S: Beim Aufgabe verstehen und Situationsmodell erstellen. Und das Letzte?
- 95 M: Hm [überlegt].
- 96 S: „Ach komm, das passt schon“?
- 97 M: Beim Überprüfen.
- 98 S: Beim Überprüfen, Schritt sieben.

99 M: Ja.

1 **Fame 1**

2 S: Beschreib mir einfach mal wie du vorgegangen bist.

3 F: Also hm [überlegt] als erstes habe ich die Aufgabe natürlich gelesen alles.
4 Dann habe ich mir erst mal die Informationen rausgesucht, was muss ich errechnen,
5 was brauch ich. Dann habe ich [S unterbricht].

6 S: Da muss ich schon was fragen, wo du dir die Informationen rausgesucht hast,
7 warum haste dir die rausgesucht?

8 F: Weil die gefordert waren.

9 S: Okay.

10 F: Das brauchte man und ich hab mir dann als nächstes dann überlegt, was ich
11 brauche, um die Aufgabe zu lösen.

12 S: Und was war das?

13 F: Darf ich das sagen, was wir gemacht haben? Also das war ja das Glas und das
14 Bonbon, also habe ich mir erst mal überlegt, da brauchen wir einmal das Volumen
15 der Kugel, also das Volumen von dem Bonbon und dann einmal das Volumen
16 vom Glas, die hab ich mir dann so errechnet, dass ich dann erst mal alle äh Maße
17 eingetragen habe. Zum Beispiel oben nen Radius vom Glas, weil es ja oben nen
18 bisschen breiter wird, den unteren Radius, die Höhe Durchmesser vom Bonbon
19 und alles, ja. Das hab, dann hab ich mir auch noch `ne Skizze dazu gezeichnet.
20 Als nächstes und dann hab ich die Werte alle nochmal eingetragen, damit es ein
21 bisschen übersichtlicher wird. Dann habe ich die Formeln benutzt, für äh die Berechnung
22 von Kugel und von dem Kegelstumpf oder wie das war.

23 S: Ja.

24 F: Und dann habe ich das erst mal errechnet und dann habe ich mir als erstes überlegt,
25 wie viele würden geschätzt darein passen, so Gefühl.

26 S: Warum hast du das dann erst so nach Gefühl gemacht?

27 F: Weil wenn man erst mal nach Gefühl macht, dann hat man ein hohes Ergebnis
28 und wenn man dann errechnet, hat man nen besseres Ergebnis gekriegt oder weiß
29 dass es nah dran liegt, dann weiß man, dass man richtig ist und dann hat man so
30 `ne gewisse Sicherheit.

31 S: Also durch so `n, durch `ne Schätzung kriegst du Sicherheit?!

- 32 F: Ja, genau.
- 33 S: Hm, okay, und dann?
- 34 F: Ja dann hab ich versucht zu errechnen und es wurde dann etwas schwieriger,
35 weil es sich irgendwie nen bisschen widersprochen hat.
- 36 S: Warum wurde [F unterbricht].
- 37 F: Also [S unterbricht].
- 38 S: Wie hat sich das dann geäußert, dass das schwierig ist, wie hast du das wahrge-
39 nommen?
- 40 F: Ähm, ich hatte `ne Vorstellung also das b war 2,5 cm groß und unten war laut
41 meinen Messungen, ich hab ja nicht richtig gemessen. Eigentlich nur 4 cm breiter
42 Boden und oben war 8 cm groß. Da hab ich überlegt, unten können ja keine 2
43 Bonbons aneinander liegen, weil die ja zusammen 2,5 Durchmesser haben und
44 wenn die nebeneinander liegen wären das ja 5 Zentimeter.
- 45 S: Ja.
- 46 F: Die könnten dann unten schon mal nicht nebeneinander liegen, das heißt, dass
47 unten passt dann nur eins rein, oben würden dann, also bisschen weiter oben wür-
48 den dann nochmal 2 hinkommen und das immer so weiter, dann bin ich auf 7 ge-
49 kommen, geschätzt. Und wenn ich die Rechnung so gerechnet hab, Volumen vom
50 Glas durch Volumen der Kugel bin ich auf 23 gekommen und da wären die Luft-
51 räume nicht berücksichtigt, die da entstehen.
- 52 S: Und wie bist du dann da drauf gekommen, auf diese Lufträume.
- 53 F: Naja so wie ich gesagt hab. Unten bei den 4 cm konnte man keine 2 zusam-
54 menlegen
- 55 S: Wie, warum biste denn darauf gekommen? Dass man die nicht so, was haste
56 denn dabei gedacht?
- 57 F: Ich dachte mir `ne Kugel ist ja, hat ja überall den gleichen Durchmesser, ist
58 überall 2, 5 cm breit egal wie man sie dreht, das ist dann ja ganz egal. Und wenn
59 man dann 2 Kugeln [S unterbricht].
- 60 S: Woher weißt du das denn?
- 61 F: Ich hab das doch, ja ich hab das gemessen.
- 62 S: Du hast das gemessen und okay. Hm[überlegt].
- 63 F: Ich hab gemessen, die war dann 2,5 cm also Durchmesser hatten die. Da dachte
64 ich mir, wenn das ne Kugel ist, dann muss sie ja überall 2,5 cm Durchmesser ha-

- 65 ben, ist ja egal wo. Wenn man 2 davon nebeneinander legen würde, dann wären
66 das ja 5 oder nen bisschen mehr Zentimeter, so was.
- 67 S: Wie wenn man 2 Kugeln jetzt nebeneinander legt?
- 68 F: Ja von Durchmesser 2,5 cm legt man nebeneinander und dann hätten die zu-
69 sammen einen Durchmesser von 5 cm. Naja obwohl ist ja eigentlich kein Kreis
70 mehr dann, dann dachte ich mir, wenn das unten nur 4cm ist, dann kann ich ja
71 keine 2 nebeneinander legen.
- 72 S: Ja aber warum? Warum kannst du das?
- 73 F: Ja weil [überlegt].
- 74 S: Was denkst du denn da?
- 75 F: Also ich hab gedacht, 2 sind 5cm lang und der Boden nur 4cm , also dachte ich
76 mir das geht ja nicht.
- 77 S: Hm.
- 78 F: Das würde dann ja nicht funktionieren.
- 79 S: Und woher weißt du das, dass das dann nicht geht? Ja klar, weil du das jetzt so
80 gemessen hast. Was, was fürn Gefühl oder wie merkst du das dann so im Kopf?
- 81 F: Also ich versuche immer mal logisch zu denken, deswegen habe ich mir das so
82 einfach ähm...ich weiß jetzt nicht wie ich sagen soll so genau[überlegt].
- 83 S: Versuch das mal zu beschreiben.
- 84 F: Ich hab mir erst mal die Kugel angeschaut, die war so ungefähr 2,5 cm ich hab
85 ja nicht richtig gemessen und dann hab ich mir halt dann überlegt, 4 cm 8cm dann
86 kam mir so durch den Kopf, dass das eigentlich nicht hinhalten könnte mit dem
87 Ergebnis.
- 88 S: Wie was kam dir denn dann durch den Kopf? Kannst du das beschreiben?
- 89 F: Hm...ich hab dann einfach gedacht, das kann doch gar nicht sein [überlegt],
90 weil das [S unterbricht].
- 91 S: Woher wusstest du das das nicht sein kann? Also hast du das, wie, was hat das
92 in deinem Kopf gemacht?
- 93 F: Ich ja [überlegt].
- 94 S: Kannst du das beschreiben? Dieses das kann nicht sein? Dieses, wie kommt das
95 in deinen Kopf?

- 96 F: Ja das kommt dadurch, dass ich einmal weiß, dass es 2,5 cm lang ist und dass
97 der Boden 4 cm ist, denke ich mir im Kopf, dass das nicht gehen kann. Dann geht
98 mir sofort durch den Kopf:“Das kann nicht sein“.
- 99 S: Du sagst dir, das geht dir durch den Kopf. Kannst du das oder kannst du dem einen
100 Namen geben?
- 101 F: Nee.
- 102 S: Ist das so`n Gedanke, Gefühl, puh, aha[überlegt].
- 103 F: Ist mehr so..
- 104 S: So irgendwie ein Blitz oder so?
- 105 F: Ja das ist mehr so wie ein Blitz, dass mir das dann sofort auffällt dann.
- 106 S: Versuch das nochmal, in einem Moment fällt dir das so auf, versuch das mal so
107 wie, wie würdest du das beschreiben oder was für einen Namen würdest du ge-
108 ben?
- 109 F: Hm [überlegt].
- 110 S: Ist dir das bewusst? Ist dir das unbewusst? Nimmst du das so richtig wahr?
- 111 F: Es war mir erst unbewusst, erst wusste ich es ja nicht. Dann kam`s mir dann
112 wie so`n Gedanke ganz schnell durch den Kopf, Moment das geht doch gar nicht
113 und dann hab [S unterbricht]
- 114 S: Hast du dann bei dem Gedanken, der dir so durch den Kopf ging, Moment das
115 geht doch gar nicht, hast du den bewusst gefühlt?
- 116 F: Ja, bewusst.
- 117 S: Oder hast du den eher so unbewusst?
- 118 F: Den hab ich so bewusst gefühlt.
- 119 S: Und das davor, diesen Schritt davor, hast du, also [überlegt]. Jetzt du hast was
120 gemacht und dann kam bewusst gefühlt:“ Das geht nicht“ und jetzt dieses dazwi-
121 schen, dieses hast du denn da, kannst du das wahrnehmen davor, warum geht das
122 nicht, diesen Gedankenblitz dieses dazwischen, weißt du was ich meine?
- 123 F: Wie ich das wahrgenommen habe, dass das überhaupt nicht geht? Einfach nur
124 dadurch, dass ich schon wusste, dass äh [überlegt] so lang ist und der Boden so
125 lang ist.
- 126 S: Und jetzt diesen Blitz, dieses dazwischen?
- 127 F: Ich weiß es nicht.

- 128 S: Du nimmst das wahr, das geht nicht, dann kommt dieser Geistesblitz, sodass
129 dass geht wirklich nicht und jetzt das dazwischen, kann man das auch beschrei-
130 ben?
- 131 F: Ich , weiß nicht es ist schwierig, mir fällt dazu nichts ein. Sie meinen, als ich
132 erst denke:“ Das geht nicht“, dann merk ich:“ Das geht ja wirklich nicht!“?
- 133 S: Ja, das dazwischen. Sind das Gedanken, Gefühle oder kann man das gar nicht
134 beschreiben. Findest [F unterbricht].
- 135 F: Da wurde es mir ganz langsam erst mal bewusst. Da denke ich erst
136 mal:“Moment...“, dann gucke ich mir erst mal alles an und dann merke ich, das
137 geht ja wirklich nicht. Ich überleg dann erst mal, guck mir alles nochmal an und
138 dann langsam kommt dann dies [überlegt] Gefühl, dass dann wirklich nicht geht.
- 139 S: Aber so richtig beschreiben kannst du es nicht? Oder?
- 140 F: Wie meinen sie das jetzt, richtig beschreiben?
- 141 S: Ja diese, diese Blitze also dieses:“ Warum ist das?, Wie?“, so dass du das rich-
142 tig doll wahrnimmst.
- 143 F: Das ist na[überlegt] ich kann das nicht richtig beschreiben. Das ist einfach so,
144 ich merk das dann einfach.
- 145 S: Du merkst das und merkst du dann noch was anderes bei dir, so?
- 146 F: Ich fühle mich dann ein klein wenig unsicher, weil ich ja dann auf ein anderes
147 Ergebnis kommen würde, dann war ich etwas unsicher erst. Und mit dieser Unsi-
148 cherheit überprüfe ich dann alles erst mal nochmal, ob ich alles richtig gemacht
149 hab.
- 150 S: Und kommen dann, wenn du das nochmal so überprüfst , kommen dann auch
151 noch mal so ne, wie hast du es genannt, Blitze?
- 152 F: Na so was wie so [überlegt] also ich probier es dann, wenn ich es dann noch-
153 mal überprüft hab, dann fängst dann halt langsam so an in mein Kopf, dann denke
154 ich, dass ich das dann überhaupt nochmal neu rechnen sollte. Also dann denke ich
155 mir:“ Das geht nicht!, Das kann nicht sein!“, ja dann fängt das halt damit an, dass
156 es mir bewusst wird und ich dann einfach zu versuche, andere Lösungen zu fin-
157 den.
- 158 S: Und wenn du jetzt, wie viel Zeit muss dazwischen liegen, wenn du jetzt sagst:“
159 Du musst das nochmal neu rechnen?“. Würde dir das helfen, wenn du `nen Tag

- 160 darüber schläfst oder sowas oder findest du, du solltest das dann im Anschluss
161 rechnen.
- 162 F: Ich äh [überlegt] mach das, das [überlegt] da gibt es verschiedene Situationen,
163 wenn ich zum Beispiel eine Arbeit schreiben würde, in Mathe und ich eine vorge-
164 gebene Zeit habe in der ich das schaffen muss, dann versuch ich mit dem Ergebnis
165 klarzukommen, was ich davor hatte aber wenn ich zum Beispiel eine Hausaufga-
166 be, die ich nicht verstehe, dann versuch ich da weiter zurechnen, in der ich im
167 Anschluss, das irgendwie hinzukriegen, also dann gleich nochmal zu machen.
- 168 S: Und wenn du dann die Hausaufgabe gemacht hast und du sitzt in der Schule,
169 und da besprecht ihr die. Fällt dir, hast du dann so einleuchtende Ideen oder wie
170 ist das denn dann?
- 171 F: Also wenn ich das dann immer noch nicht verstanden habe und wenn wir das
172 dann besprechen, dann äh erklärt uns die Lehrerin und wenn die das erklärt dann
173 kann ich das dann eigentlich verstehen. Sie erklärt das dann nicht so wie es in
174 Büchern steht, sie erklärt das dann, dass ich das verstehe und dann fällt mir ein:“
175 Ach so, deshalb kann ich das nicht.“
- 176 S: Ach so, und dieses „Ach so“, ist das dann auch so wie eben, dass du das be-
177 wusst wahrnimmst oder nimmst du das eher so unbewusst wahr und dann hat es
178 sozusagen Klick gemacht?
- 179 F: Also ich nehm das schon bewusst wahr, dann merkte ich schon selbst, dass mir
180 das langsam klar wird mit der Zeit.
- 181 S: Und dieses „Klarwerden mit der Zeit“, merkst du das?
- 182 F: Das geht dann ganz schnell, ja das merke ich.
- 183 S: Oder ist das auch nur wieder so schnell da?
- 184 F: Nee, das ist eigentlich da erst mal, das hält dann ne ganze Zeit lang an und
185 dann gucke ich mir das alles nochmal an und dann [überlegt] versuch ich mir das
186 halt mit dem was gesagt wurde zu verbinden und dann merke ich:“ Ach so geht
187 das ja!“
- 188 S: Und diese Verbindung spürst du die richtig, oder ist das mehr so, weiß nicht
189 jetzt stehst du in der Pause irgendwo und dann kommt dir das einfach so in den
190 Sinn?
- 191 F: Nein. Ich spüre das schon richtig, ich merk dann so`n Gefühl das sofort, äh
192 weiß jetzt auf einmal und dann naja.

- 193 S: Da kommt nen Gefühl.
- 194 F: Ja. Das sowas wie hm [überlegt] so [überlegt] eigenartiges Gefühl, dass ich
195 jetzt auf einmal weiß, wie das geht, sozusagen.
- 196 S: Also wenn du an einen Comic denkst, ist dann eine Glühlampe über dir?
- 197 F: Ja, sowas.
- 198 S: Ja, cool super. Dann frag ich dich nu rein noch was. Dieses Gefühl was du sag-
199 test, Blitz hast du gesagt, ne?
- 200 F. Ja, sowas.
- 201 S: So. Wo kam das denn im Modellierungskreislauf? Wo hast du denn dann so
202 gemerkt? Hast du den am Anfang gemerkt, wo du die Aufgabe vereinfacht hast
203 oder beim Rechnen?
- 204 F: Ach so, hmm, sie meinen jetzt wo ich gemerkt habe, dass das nicht ging, das
205 kam erst nachdem ich schon fast die Lösungen raus hatte. Mir war das schon von
206 Anfang an klar, ich wusste ja wie das geht, da ähm aber dann bei der das kam.
207 Dann erst nachdem ich die Lösung schon fast hatte. Ich war gerade dabei, den
208 letzten Schritt zu machen und dann hab ich mir gedacht da gibt es ja Luft. Das
209 kam mir so [überlegt] ziemlich am Ende der Gedanke.
- 210 S: Gut.
- 211 F: Als ich das schon fast raus hatte.
- 212 S: Dann kommt das kurz bevor du dann nochmal die Lösung überprüfst?
- 213 F: Ja das ist sowas wie die Lösung zu überprüfen, weil ich guck mir das nochmal
214 an und dann wenn ich dann noch nen Problem erkenne, wie das hier zum Beispiel,
215 dann fällt mir das auf einmal so plötzlich ein und das geht ja gar nicht. Also ziem-
216 lich am Ende.

1 **Fame 2**

- 2 S: Erklär mir mal, wie bist du heute vorgegangen?
- 3 F: Ja erst mal wieder die Aufgabe gelesen und alles und dann hab ich gesehen, es
4 waren keine Maße gegeben davon also muss ich ja irgendwie was versuchen und
5 dann haben wir das halt irgendwie gemessen, normal halt mit dem Geodreieck
6 und die Zentimeter dann halt in Meter umgerechnet. Weil ich mir dachte, das
7 würde vielleicht ungefähr hinkommen.
- 8 S: Und irgendwie gemessen, weißt du warum du das gemessen hast?

- 9 F: Ja, weil ich das brauchte für die Formel, die Maße.
- 10 S: Was hat dir gesagt, du musst das jetzt messen?
- 11 F: Also, ich dachte mir schon man brauch ja immer Maße, um das zu berechnen.
- 12 Ich dachte mir einfach, das muss gemessen werden irgendwie und wenn, dann
- 13 muss ich irgendwas ausdenken. Also dann muss ich mir irgendwas ausdenken,
- 14 wie ich das dann messe.
- 15 S: du sagst dir, das muss gemessen werden. War das bewusst oder war das so'n
- 16 Reflexhandeln oder war das mehr unterbewusst?
- 17 F: Ja, das war mehr unterbewusst. Das hab ich mir jetzt angewöhnt mit den Jahren
- 18 schon, ich weiß ja jetzt, wie das abläuft alles.
- 19 S: Und dieses Unterbewusste. Kannst du das beschreiben?
- 20 F: Ja also [überlegt] ich weiß einfach, dass ich das machen muss, das merke ich
- 21 sofort von selbst.
- 22 S: woran merkst du das?
- 23 F: Hm, ich ich schau mir das dann alles immer an und wenn ich das dann sehe,
- 24 dann weiß ich direkt, das muss ich messen, weil sonst .. äh kann ich die Aufgabe
- 25 nicht lösen
- 26 S: Also dieses das muss ich messen, das ist dann aber mehr unterbewusst?
- 27 F: Ja, das äh, das merk ich dann einfach, das ist einfach so.
- 28 S: Das ist einfach so und beschreiben kannst du das nicht?
- 29 F: Ach so, hm [überlegt] eigentlich nicht genau, also ich denk mir einfach nur ich
- 30 muss das messen, weil ich sonst die Aufgaben nicht lösen kann.
- 31 S: Hm.
- 32 F: Das wurde mir wahrscheinlich jetzt mit den Jahren immer so antrainiert, also
- 33 habe ich mir selber antrainiert, nen bisschen.
- 34 S: Du hast dir das selber antrainiert. Meinst du dann, dass da irgendwie so dein
- 35 Schulwissen [überlegt] oder dein [überlegt] ist da mehr so dein Wissen [überlegt]
- 36 wichtig oder so dein [überlegt] wie soll ich sagen, so dein Alltagswissen oder so?
- 37 F: Mehr das Schulwissen, jetzt so mit den ganzen Jahren, hab ich ja Erfahrung mit
- 38 dem Ganzen und Mathe mach ich ja auch eigentlich gern, deswegen überlege ich
- 39 auch immer so über die Sachen und das mit den ganzen Jahren, dass ist ja so die
- 40 Erfahrung, deswegen [S unterbricht]

- 41 S: Und dann [überlegt] war dir das klar, also du hattest die Maße und danach hast
42 du gesagt: „Das ist ne Kugel, die muss ich dann durch 2 teilen.“?
- 43 F: Ja, das habe ich mir halt so gedacht, hm [überlegt] ich dachte, das ist der ein-
44 fachste Weg. Wir haben eine Halbkugel und wenn man da das Volumen der gan-
45 zen Kugel berechnet an Hand des Durchmessers, den hab ich ja gemessen, dann
46 müsste ich ja einfach nur durch 2 teilen, dann hab ich ja die halbe Kugel.
- 47 S: ist das dann auch so bewusst oder unbewusst?
- 48 F: äh... muss ich kurz mal überlegen, wie ich das beschreiben würde....ähm, das
49 hab ich an der Aufgabe an sich schon gesehen, ich hab da ... direkt gesehen, da
50 war ne Halbkugel da wusste ich schon okay, ich muss das Volumen von der gan-
51 zen Kugel berechnen und sofort durch 2 teilen, das wusste ich sofort.
- 52 S: Hast du das dann [überlegt] ja ist das so wie eben, wie das beschreiben mit dem
53 Maßen oder .. ist das was anderes?
- 54 F: Das ist nen bisschen anderes, also [überlegt] das ist [überlegt] auch so`n bis-
55 schen mit Erfahrung hängt das zusammen aber es ist mehr so [überlegt] ich kenne
56 solche Aufgaben und ich weiß, wie ich das lösen muss. Das ist auch alles mit Er-
57 fahrung hängt das zusammen [überlegt] und das ist dann halt wieder logisches
58 Denken bei mir. Ich denke dann äh wenn ich eine Halbkugel hab, dann muss ich
59 eine Kugel durch 2 teilen, das, das weiß ich einfach
- 60 S: Du weißt es, ist es bewusst, unbewusst, wie ist das?
- 61 F: Das ist bewusst, das weiß ich.
- 62 S: Das weißt du.
- 63 F: Hm.
- 64 S: Und zum Schluss haste dann noch gesagt, ich muss [überlegt] warum Meter,
65 ich würd Meter nehmen.
- 66 F: Ja, ich hab gesagt, ich würde Meter nehmen, weil so ne Kugel kann ja auf kei-
67 nen Fall Zentimeter groß sein und dann hab ich mir das angesehen, da war ja auch
68 ein Mann auf dem Bild und [überlegt] äh da hab ich mir halt gedacht, nen Schritt
69 von `nem erwachsenen Mann, dass hab ich ja auch so mit der Erfahrung gelernt,
70 dass das ein Meter ist ungefähr, ein großer Schritt.
- 71 S: Das ist auch Erfahrung wieder?
- 72 F: Ja, genau.

- 73 S: Und ist das [überlegt] ist dir das dann [überlegt] der Mann geht ein Meter und
74 ich muss das in Meter machen, ist dir das dann wieder bewusster oder unbewusst?
75 F: Ja, das [überlegt] das war mir dann wieder bewusst, weil das wusste ich ja an
76 sich, dass ich keine Zentimeter nehmen kann und der Mann an sich war ja abge-
77 bildet, direkt vor der Kugel und äh dann hab ich mir gedacht ja ein Schritt ein Me-
78 ter und dann hab ich so geguckt, wie groß der ungefähr ist, der Mann und dann
79 hab ich gedacht ein Schritt würde vielleicht so ein Zentimeter auf dem Lineal ent-
80 sprechen.
- 81 S: Wie bist du da zu der Idee gekommen?
- 82 F: Auf die Idee bin ich ja erst gekommen, weil ich mir gedacht hab, ja Zentimeter
83 können nicht gehen, als Cosmo das gesagt hat. Also hier mit gerechnet hab, da
84 dachte ich das kann schon mal nicht gehen.
- 85 S: Und dieses: „ Da dachte ich mir, das kann schon nicht gehen“, ist das [überlegt]
86 merkst du das?
- 87 F: Ja, das merke ich , natürlich, ich weiß es ja. So `ne riesige Kuppel vom Reich-
88 stagsgebäude da, das kann einfach nicht Zentimeter groß sein.
- 89 S. Haha, okay. Und am Anfang, die Maße, die du genommen hast, die waren ja
90 unbewusst, das Vorgehen. Wo würdest du das im Modellierungskreislauf einord-
91 nen. Deine [überlegt] das Unbewusste.
- 92 F: Also, wo ich dann äh gesagt hab, dass ich das unbewusst gemessen hab, also?
- 93 S: Ja.
- 94 F: ich weiß nicht, dass kam eigentlich schon ziemlich früh, bei Schritt 2, bei Auf-
95 gabe verstehen [überlegt] also um die Aufgabe zu verstehen, muss ich ja die Maße
96 nehmen, dann versteh ich die Aufgabe besser und deswegen habe ich das so un-
97 bewusst gemacht, [überlegt] um die Aufgabe besser zu verstehen.
- 98 S: Und kam das Unbewusste nochmal irgendwo oder nur bei Schritt zwei?
- 99 F: Eigentlich nur bei Schritt zwei, alles andere mache ich ja bewusst hier.

1 **Lara 1**

2 S: Beschreib mir doch mal ganz kurz, wie du vorgegangen bist, ganz knapp nur.

3 L: Also, irgendwie die Aufgabe gelesen, das Bild angeguckt und mir dann halt
4 einfach vorgestellt, ja was brauch ich denn jetzt. Was hab ich? Was muss ich

- 5 überhaupt wissen über diese äh Kuppel sag ich jetzt mal. Und dann halt mir das
6 vorgestellt, wie ich das ausrechnen kann.
- 7 S: Wie hast du dir das denn vorgestellt?
- 8 L: Äh, ich hab dann so'n Mann gesehen und dann hab ich immer überlegt, wie
9 hoch ist der jetzt, oder der Durchschnittsmann und dann mit dem Fenstern teilen
10 und dann wie viele es davon gibt und dann mit dem Mann halt das ausgerechnet.
- 11 S: Wie [überlegt] was hat dir das denn gesagt [überlegt] oder was hat dir gesagt,
12 ich muss mir den Mann angucken?
- 13 L: Ja, da war halt diese Fenster, weiß ich nicht und das der Mann stand halt direkt
14 dadrin und der war halt fast genau so groß. Ich hab gedacht, ja wenn die jetzt alle
15 so groß sind, dann ist ja der Mann vielleicht auch so groß.
- 16 S: Hm [überlegt] wie bist du denn dadrauf gekommen, dass du diesen Mann an-
17 gucken kannst. Kannst du das beschreiben, was da bei dir im Inneren [Lara-Lu
18 unterbricht].
- 19 L: Ja, ich hab mir einfach diese Kugel angeguckt und dann hab ich halt mir das
20 Bild genau angeguckt und dann hab ich halt einfach diesen Mann gesehen und
21 dann hab ich gedacht, ja der könnte jetzt meine Hilfe sein, auch mit dem Schrit-
22 ten, wie viele Schritte der macht und so. [Überlegt] weil ich war ja selbst dadrin
23 und stand ja auch vor diesem Fenster und dann hab ich gedacht, wie die sind ja
24 fast so groß wie ich. Und dann hab ich da den Mann genommen.
- 25 S: Du hast dich dran erinnert?
- 26 L: Ja.
- 27 S: Weil du da warst, die Fenster sind so groß wie du und du hast den Mann gese-
28 hen.
- 29 L: Genau.
- 30 S: Und diesen Gedanken oder dieses wie [überlegt] deine Gefühle/ Gedanken
31 kannst du die beschreiben?
- 32 L: [überlegt]
- 33 S: Wo du den Mann gesehen hast, was du da gedacht hast?
- 34 L: Ich hab da gedacht, ja der steht da irgendwie genauso wie ich und irgendwie
35 der guckt da auch und der ist halt größer als ich und genauso groß wie das Fenster
36 und [überlegt] irgendwie dache ich mir so ja wenn ich jetzt mal so überlege,

- 37 wenn alle Fenster gleich groß sind, dass das so vielleicht jedes mal so groß ist,
38 wie der Mann. Jedes mal so groß ist wie ich und irgendwie so halt.
- 39 S: Kannst´e das näher beschreiben, irgendwie so? Oder haste das [überlegt] war
40 dir das [Lara-Lu unterbricht].
- 41 L: Ich hab das einfach gedacht.
- 42 S: Du hast das einfach gedacht.
- 43 L: Ja.
- 44 S: Und [überlegt] dieses einfach gedacht, kannst du das beschreiben, wie du dar-
45 auf kommst?
- 46 L: [überlegt].
- 47 S: Ist dir das mehr bewusst oder [S. gibt Zeit zum Nachdenken].
- 48 L: [überlegt] naja.
- 49 S: Oder unbewusst, wie ist das für dich?
- 50 L: Ich glaub, mir ist das einfach unbewusst eingefallen als ich den Mann gesehen
51 habe und gedacht habe, dass das ja [überlegt] vielleicht, könnte das ja so sein.
- 52 S: Hmh. Und dann hast du auch irgendwann gesagt: „oder machen wir bei dem
53 noch was dazu?“!
- 54 L: Ja, weil die Fensterteile, der Mann ist ja kleiner gewesen als die Fensterteile
55 und dann hab ich gedacht, ja aber wenn wir jetzt mit dem Mann rechnen, dann
56 muss ja immer noch ´nen bisschen was dazu kommen, weil wenn wir jetzt ´nen
57 Durchschnittsmensch von 1,70 nehmen und dann können wir ja nicht sagen, dass
58 ist 1,70 nur weil der Mann jetzt so groß ist. Wir wissen ja nicht wie groß der
59 Mann ist. Und dann ´nen bisschen was dazu nehmen, weil der kleiner ist als das
60 Fenster.
- 61 S: Und kannst du das beschreiben, wie du auf diesen Gedanken oder auf die Idee?
- 62 L: [überlegt] Ja dieser Mann war halt kleiner als das Fenster, da hab ich mir ge-
63 dacht, da muss ja noch irgendwas dazu, weil wenn ich jetzt mit dem Mann rechne
64 und das ausrechne, dann hab ich ja immer wieder was weniger, als ich nun mal
65 haben sollte.
- 66 S: Das vorhin das Erste war dir unbewusst.
- 67 L: ja.
- 68 S: War dir das jetzt bewusster? Deine Aussage, „da müssen wir noch was dazu
69 nehmen“?

70 L: Ja, weil äh [überlegt] wenn ich das jetzt ausgerechnet hätte, dann hab ich mir
71 halt gedacht, dann fehlt dir doch immer irgendwie wieder was und ich meine am
72 Anfang, wenn zwei sind dann ist es nicht so wichtig, aber wenn es dann ganz groß
73 ist, dann fehlt ja ´ne Summe, sag´ ich jetzt mal und dann hab ich gedacht, ja muss
74 ja irgendwo noch was herkommen. Also [überlegt].

75 S: Und dieses „ja, muss ja noch irgendwie herkommen“, kam dir das bewusst oder
76 unbewusst in den Sinn?

77 L: Ich glaub´ eher, dass mir bewusst war als der halt dastand und da war noch ´ne
78 Lücke, weil ich dann gedacht hab, ja dann ist der ja nicht so ganz so groß wie das
79 Fenster, wenn [überlegt] dann ist das da noch größer und dann muss ich ja noch
80 was dazu tun, weil sonst passt es nicht.

81 S: Und dann hast du noch irgendwann gesagt, „das ist ja nicht so breit, wie hoch“.

82 L: Ja, ich hab mir vorgestellt, dass das nicht so, also dass das breiter ist [überlegt]
83 nein dass es, ja also nicht so breit ist wie hoch, weil ich dann hä, das ist ja nicht so
84 eierförmig.

85 S: Wie [überlegt] was ist das für´ne Idee oder Gedanke gewesen bei dir?

86 L: Äh, ich hatte mir dieses äh Ding angeguckt und dann hab ich gedacht, ja das
87 geht ja so [überlegt] schräg hoch. Schräg, ´ne so rund hoch, das kann ja nicht ge-
88 nau so hoch sein, wie breit, weil das würd´ ja gar nicht gehen, weil das ist ja auch
89 nur die Hälfte von also von [überlegt] wenn ich die Kugel sehen würde, dann ist
90 das ja auch nur die Hälfte von der Breite.

91 S: Und war das bewusst, unbewusst oder so spontan oder?

92 L: Ich glaub, das war schon eher bewusst, weil ich mir auch schon immer die
93 [überlegt]. Ich hatte mir das immer als Kugel vorgestellt und dann hab ich mir
94 gedacht, ja das kann ja gar nicht jetzt so hoch sein, dann wäre es ja genau so wie
95 die Kugel, das kann ja nicht sein.

96 S: Okay.

1 **Marry 1**

2 S: Beschreib mir doch mal, wie du so vorgegangen bist!

3 M: Ja also ich hab halt zuerst mir mal das Bild angeguckt und hab mir überlegt,
4 wie viele Bonbons in dieses Glas hineinpassen würden. Und dann habe ich ers-
5 tmal überlegt, wie äh was also für ´ne Form dieses Glas hat und was für ´ne Form

- 6 dieses Bonbon hat und dann habe ich halt das ähm Volumen ausgerechnet von
7 beiden und dann habe ich das Volumen von dem Glas ähm durch das Volumen
8 von dem Bonbon geteilt.
- 9 S: Was hat dir denn gesagt, dass du das Volumen rechnen musst?
- 10 M: Ja, ich hatte erst das falsch gerechnet, ich hatte erst den Flächeninhalt von dem
11 von einem Trapez gerechnet.
- 12 S: Warum hast du den zuerst gerechnet?
- 13 M: Weil ich's falsch gemacht hab. Nein, weil.
- 14 S: Wie bist du überhaupt auf das Trapez überhaupt gekommen so?
- 15 M: Ähm, Glas hat ja wenn man es aufschneiden würde, die Form von einem Tra-
16 pez und dann habe ich halt von diesem Trapez den Flächeninhalt gerechnet aber
17 das ist eigentlich ziemlicher Unsinn.
- 18 S: Und warum ist das Unsinn. Wie haste denn das erkannt, dass das Unsinn ist?
- 19 M: Naja, also ich hab dann das Volumen von dem Bonbon gerechnet und dann
20 hab ich mir gedacht, wie kann es denn eigentlich sein, dass das Volumen von dem
21 Bonbon in das Trapez hineinpasst. Das soll ja in das Glas reinpassen und nicht in
22 das Trapez.
- 23 S: Was hat dich denn, was hat das, also was war das, was dir gesagt hat, dass das
24 nicht passt? M: So irgendwie [denkt nach].
- 25 M: Äm.
- 26 S: So, wenn du das beschreiben müsstest, war das ein Gedanke oder war so [Mar-
27 ry unterbricht].
- 28 M: Ja, es war irgendwie mehr so'n Gedanke, so'n Geistesblitz, der dann plötzlich
29 kam und dann dachte ich, dass kann doch gar nicht sein mit dem Flächeninhalt.
- 30 S: Aha, und wenn du dann, wo du dass dann hattest und dann hast du das ja mit
31 dem Flächeninhalt gemacht. Wie war das? Was haste, wie biste da drauf gekom-
32 men?
- 33 M: Auf den Flächeninhalt.
- 34 S: Nee, nee, nee, das war ja die eine Variante mit dem Trapez und die andere Va-
35 riante war ja das du das Volumen ausrechnest.
- 36 M: Das Volumen.
- 37 S: Ja, das Volumen, 'schuldigung.

- 38 M: Ach so okay, ähm ja, weiß nicht, das war einfach, weil dies Glas hat ja ein
39 Volumen und in dieses Volumen muss ja meist das kleinere Volumen von dem
40 Bonbon reinpassen.
- 41 S: Und?
- 42 M: Und die Aufgabenstellung war ja, dass das Bonbon; also wie oft das Bonbon
43 darein passt.
- 44 S: Und genau das, also wie oft das Bonbon darein passt. Was, was sagt, was, oder
45 wie äußert sich das? Irgendwas muss ja bei dir so ablaufen, damit du das jetzt
46 machst. Damit du guckst, wie oft passt das Bonbon in das Glas rein. Und was ist
47 das bei dir?
- 48 M: Logik?!
- 49 S. Kannste das beschreiben?
- 50 M: Äm, ich weiß nicht, das [überlegt].
- 51 S: Versuch das mal zu beschreiben, was so da mit dir passiert.
- 52 M: Ich weiß nicht, also irgendwie, wenn man ähm [lach].
- 53 S: Kannste das denn überhaupt beschreiben?
- 54 M: Nee, nicht wirklich.
- 55 S: Warum?
- 56 M: Ich weiß nicht [Stille].
- 57 S: Kannste so'n Beispiel nennen wo dir das nochmal passiert. So irgendwas, muss
58 nicht Mathematik sein, kann auch was anderes sein.
- 59 M: Ich hatte mal eins daran [überlegt] hm [überlegt] hm.
- 60 S: Ist das sowas Bewusstes oder was Unbewusstes oder so?
- 61 M: Also irgendwie ist es mir bewusst, das mir dann klar ist, ja das muss so sein, ja
62 das kann gar nicht anderst sein, eigentlich. Aber irgendwie ist es auch so'n bis-
63 schen unbewusst, dass denke ich nicht indem ich nachdenke, sondern das kommt
64 automatisch in mein Kopf. So zu sagen.
- 65 S: Okay. Also ist diese Zweite mehr so automatisch gekommen.
- 66 M: Ja.
- 67 S: Weil das, weil der Bonbon in das Glas rein muss.
- 68 M: Ja.
- 69 S: Und das kam dann dir automatisch in den Kopf und dann wusstest du auch ir-
70 gendwie was du machen musstest.

- 71 M: Ja, also dann wusste ich halt, das ich erstmal diese Form von dem Glas raus-
72 finden muss, also wie das heißt und dann haben wir halt in der Formelsammlung
73 geguckt und dann stand da halt ein Kegelstumpf drinne und dann stand halt auch
74 gleich auch die Formel dazu drinne, und das war dann auch eigentlich ganz gut,
75 weil so'n Kegelstumpf hatten wir auch noch nicht.
- 76 S: Und was hat dir zum Ende gesagt, dass das was du am Ende raus hattest, dass
77 du fertig bist mit der Aufgabe. Wie hast du das denn festgestellt?
- 78 M: Ja, also ich hatte dann ein Ergebnis, wie also, wie oft das Bonbon darein passt
79 und das war ja dann eigentlich die Aufgabenstellung wie oft das Bonbon darein
80 passt.
- 81 S: Wo, warum haste denn jetzt [überlegt] du hast jetzt 16 raus, warum haste da
82 abgebrochen? 16, was, warum haste da nicht weiter geguckt vielleicht sind es
83 auch 20 oder 8. Warum bist du bei den 16 als du das Ergebnis raus hattest, warum
84 hast du da aufgehört? Nur weil das da stand oder wie? Versuch das auch nochmal
85 so zu beschreiben, was dir das gesagt hat, oder wie?
- 86 M: [überlegt].
- 87 S. Weißt du, was ich meine?
- 88 M: Ja, ich kann es nicht so gut beschreiben. Weil wir hatten dann das Volumen
89 von dem Glas durch das Volumen von dem Bonbon geteilt. Es war ja die Aufga-
90 be, wie viel darein passt und nicht wie viel man draufstapeln kann, zum Beispiel.
- 91 S: Okay. Und deshalb hast du das geteilt, da kannst du auch nicht sagen warum?
92 Oder kannst du mir das beschreiben?
- 93 M: Ja, weil man äh hätte auch, also weil das ist ja, man muss ja quasi für jedes
94 Bonbon, was man da reinmacht, also dieses Volumen von dem Bonbon, abziehen
95 und dann ist es halt damit man dann nicht schneller die ganze Zeit rechnet.
- 96 S: Ja, aber warum musst du das denn abziehen? Warum sagst du denn von dir aus,
97 das musst du abziehen und nicht dazurechnen?
- 98 M: Weil wenn man es dazurechnet dann ist es ja mehr Volumen als das Glas ei-
99 gentlich hat.
- 100 S: Ja, ist das bei dir so [überlegt] wie kommst du da drauf. Was macht denn dein
101 Gehirn? Was macht das mit dir?
- 102 M: Weil's logisch ist.

- 103 S: Weil's logisch ist okay. Und dann ist es auch logisch, dass du mit der Aufgabe
104 aufhörst oder das, das einfach so [überlegt].
- 105 M: Das, das einfach so [überlegt] das kommt einfach so.
- 106 S: Das kommt.
- 107 M: Also.
- 108 S: Was denkst du denn wenn das kommt?
- 109 M: Dann denke ich, das ich fertig mit der Aufgabe bin.
- 110 S: Okay. Da kommt irgendwas und dann macht das mit dir irgendwas.
- 111 M: Ja, ja irgendwie schon.
- 112 S: Und dann kommt so aus dir selber raus ich bin fertig?
- 113 M: Also, wenn ich dann ein Ergebnis hingeschrieben habe und ich auch noch
114 weiß, dass das ein Ergebnis ist.
- 115 S: Woher weißt du denn, dass das ein Ergebnis ist?
- 116 M: Weil es logisch ist.
- 117 S: Und warum ist das dann logisch?
- 118 M: Das ist noch schlimmer als mein kleiner Bruder [lacht] nein.
- 119 S: [lacht].
- 120 M: Nein, ähm weil [überlegt].
- 121 S: Weil dir innerlich was sagt, das ist logisch?
- 122 M: Ja, irgendwie schon.
- 123 S: Oder, weil du so oder weil du es irgendwoher kennst, dass es logisch ist? Das
124 ist die letzte Frage.
- 125 M: Ja, ich hab also, ich kenn das. Es ist mir so beigebracht wurden irgendwie.
- 126 S: Und dann hat sich das bei dir so verinnerlicht? Du denkst nicht mehr drüber
127 nach oder denkst du dann immer: „Ah, ja Mama hat mir das und das erklärt und
128 deshalb mach ich das so“ oder?
- 129 M: Hmmmm, nee, das ist Mann, ähm ich weiß es nicht, es ist einfach so keine
130 Ahnung.

1 **Mary 2**

- 2 S: Erzähl mir doch mal kurz, wie du heute vorgegangen bist?
- 3 M: Ja, also ähm zu erst haben wir eine [überlegt] eine [überlegt] eine Skizze ge-
4 zeichnet. Dann haben wir auf dem Blatt äh den Durchmesser gemessen von dem

- 5 von der Kuppel. Und dann haben wir [überlegt] äh den Durchmesser durch zwei
6 geteilt, damit wir den Radius rausbekommen haben. Und [überlegt] ähm dann
7 haben wir mit dem Radius in die Formel eingesetzt, von der gesamten Kugel und
8 haben dann die den das Ergebnis von der gesamten Kugel durch zwei geteilt, da-
9 mit wir die halbe Kugel haben.
- 10 S: Und dann ist dir aufgefallen, da hast du gesagt: „, aber das ist doch nicht Zenti-
11 meter“.
- 12 M: Ja, weil dies [überlegt] äh das Ergebnis, das war dann irgendwie 5,1 Quadrat-
13 äh Kubikmeter und das hätt nicht so wirklich hinkommen können.
- 14 S: Was sagt dir das denn oder warum weißt du denn, dass das nicht hinkommen
15 kann?
- 16 M: Ich weiß nicht, dass ist irgendwie son Gefühl, was dann sagt, so so so als ob
17 ich das einschätzen könnte, als ob das nicht geht.
- 18 S: Und kannst du das denn einschätzen, dass das nicht geht?
- 19 M: Naja also bei 5,1 Kubikmetern ist das glaub ich nicht so schwer [lacht].
- 20 S: Fühlst du das dann mehr oder schätzt du das ab?
- 21 M: Beides, also [überlegt] ich glaub ich, schätz das mehr ein.
- 22 S: Hmh, und dann habt ihr ja nochmal mit anderen Werten gerechnet.
- 23 M: Ja.
- 24 S: Und da hattet ihr dann auch noch mal nen Ergebnis raus. Und da hast du aber
25 auch [überlegt] das war dir aber auch komisch.
- 26 M: Am Anfang schon, aber als wir dann, wir haben uns dann nochmal so richtig,
27 richtig klar gemacht, wie groß so ein Kubikmeter ist und dann war es aber auch
28 eigentlich [überlegt] das das hinkommen könnte.
- 29 S: Das es hinkommen könnte.
- 30 M: Ja.
- 31 S: Aber nicht das es hinkommt?
- 32 M: Hm, doch schon, also [überlegt] ich hab das Ding noch nie live gesehen, also
33 ich weiß es nicht.
- 34 S: Was meinst du fehlt dir dann was, um die Aufgabe rechnen zu können?
- 35 M: Hm, wenn ich diese Kuppel noch nicht gesehen habe, ähm [überlegt]. Ja
36 schon, weil ich dann nicht so, so´n so´n richtiges Vorstellungsvermögen habe, wie
37 groß das ist.

- 38 S: [nießt].
- 39 M: Gesundheit.
- 40 S: [lacht] wie groß das ist?
- 41 M: Ja.
- 42 S: Also, du stellst dir bei Aufgaben immer noch was vor?
- 43 M: Ja.
- 44 S: Was du mal gesehen hast oder?
- 45 M: Ja.
- 46 S: Oder auch gerechnet hast?
- 47 M: Ja.
- 48 S: Und bei dieser Aufgabe war das jetzt nicht so?
- 49 M: Nein, weil ich, ich hab das mal im Fernsehen gesehen, aber dadurch kann ich
- 50 auch nicht einschätzen, wie groß das ungefähr ist.
- 51 S: Und dein [überlegt] Gefühle oder dieses, das ist komisch, wie, wie äußert sich
- 52 das bei dir?
- 53 M: Ich weiß nicht, dass ist wie so'n Bauchgefühl quasi, das ist dann einfach so
- 54 [überlegt] dann plötzlich, sagt so hm dem, das stimmt so oder das kann nicht so
- 55 stimmen.
- 56 S: Und dies Bauchgefühl, wie erlebst du das? Nimmst du das wahr?
- 57 M: Nicht wirklich, es ist dann irgendwie einfach [überlegt] also irgendwie ist das
- 58 dann einfach in meinem Kopf und weiß nicht [überlegt] Bauchgefühl in meinem
- 59 Kopf.
- 60 S: Und das Bauchgefühl ist irgendwie in deinem Kopf dann so?
- 61 M: [lacht].
- 62 S: Ist es, also, ist es dann mehr bewusst oder unbewusst?
- 63 M: Das ist eigentlich mehr unbewusst, also ich denk da jetzt nicht so drüber nach
- 64 direkt, sondern das kommt einfach so.
- 65 S: Aha, und wenn du jetzt nochmal den Modellierungskreislauf anguckst, an wel-
- 66 cher Stelle kommt das?
- 67 M: Ähm [überlegt] eigentlich schon da.
- 68 S: Schon am Anfang, wenn du die Aufgabe verstehst und du sollst ein Situations-
- 69 modell erstellen?
- 70 M: Ja.

- 71 S: Dann hast du am Anfang schon [überlegt].
- 72 M: Ja [überlegt] also ja so ungefähr. Also das ist dann so'n unterbewusstes
- 73 Bauchgefühl sag ich mal und wenn es dann aber wenn ich dann rechne und sehe
- 74 das kann gar nicht stimmen, dann [überlegt].
- 75 S: Kommt das dann nochmal wieder?
- 76 M: Ja, dann kommt das dann nochmal wieder.
- 77 S: Wann kommt das denn nochmal wieder?
- 78 M: Ähm, hier wenn wir mathematisch arbeiten.
- 79 S: Hmh, und dann verstärkt sich das noch mal oder?
- 80 M: Mh ja.
- 81 S: Erklär mit das nochmal, also wie sich das verstärkt oder?
- 82 M: Ähm ja, das ist [überlegt] also zuerst äh hat man das irgendwie im Hinterkopf,
- 83 aber man denkt irgendwie gar nicht so wirklich dran. Äh und dann ist es halt so,
- 84 dass ich sag mal, dass es dann vom Hinterkopf nach vorne rutscht und dann so
- 85 [überlegt] äh sich äh [überlegt] ähm sich präsentiert sag ich mal.
- 86 S: Und wie präsentiert sich das bei dir?
- 87 M: [überlegt].
- 88 S: In komisches Gefühl oder?
- 89 M: Äh, das ist dann [überlegt] ja eher son komisches Gefühl.

1 **Mc Fly 1**

- 2 S: Beschreib mir mal, wie du so vorgegangen bist.
- 3 F: Also ich habe mir überlegt, wie kann man vorgehen. Hab mir dies Bild ange-
- 4 guckt und habe gesehen, dass man die Kreise messen kann und ja den Radius
- 5 usw., und hab überlegt, was man an dem Glas alles messen kann und dann hab ich
- 6 überlegt, wie kann man so weiter vorgehen, also äh, ähm jetzt auch wie ich darauf
- 7 gekommen bin? Ähm, ich hab erst geguckt wegen dem Dreieck, hab auch ver-
- 8 sucht das andere umzusetzen aber das ging nicht. Ähm und[S unterbricht].
- 9 S: Was haste denn dabei gedacht als das nicht ging?
- 10 F: Das kam mir schon so'n bisschen komisch vor, weil ähm, beim Anderen war
- 11 das alles so [S unterbricht].
- 12 S: Schlüssig?

13 F: Ja, das war auch so, dass es auch ging und hier kam mir das so hier ist das Glas
14 gewesen und das Bonbon und bei dem anderen waren auch noch so andere Sachen
15 dabei, mehrere mit denen das auch ging und das ist ja auch nicht gerade und ich
16 hätte jetzt, wenn das keine Kugel gewesen wäre und wenn man hier jetzt irgend-
17 was jetzt so gemacht hätte, wäre das eher gegangen, dann habe ich, ich echt ge-
18 dacht, dass das nicht geht.

19 S: Und was hat dir gezeigt, dass das nicht geht? Also hat dir irgendwas im Inneren
20 so gesagt, oder kannst du so'n Gefühl beschreiben?

21 F: Es kam mir schon im Kopf, dass da irgendwas nicht stimmt aber so wirklich.

22 S: Also wahrgenommen haste das nicht?

23 F: Nee.

24 S: Es war nur so'n komisches Gefühl?

25 F: Komisches Gefühl so dabei.

26 S: Hm und wo du dann die andere Formel angewandt hast, die vom Kegelstumpf?

27 F: Da kam mir das alles viel logischer vor, weil dann kamen auch die ganzen Ra-
28 diusse dazu und dann wusste ich auch, das ist schon eher was, wo das gehen
29 könnte. Und dann habe ich mich so da rein überlegt, wie mit Volumen und, ähm,
30 habe dann überlegt, wo ich das von dem Glas hatte das Volumen, dass man das
31 von dem Bonbon dann noch rechnen muss und das dann einfach dividieren muss.
32 Und das [S unterbricht]

33 S: Dieses, dass du das dann noch dividieren musst. Wie bist du denn darauf ge-
34 kommen?

35 F: Da habe ich mir gedacht [überlegt] dann habe ich halt überlegt und mir die
36 Aufgabe nochmal durchgelesen und da kam mir das dann wie viele Bonbons in
37 das Glas passen. Habe ich überlegt, wie kann man das Rechnen muss. Ich habe
38 dann Volumen von dem Bonbon und das von dem Glas dividiert.

39 S: Und, wenn du jetzt [überlegt], wie du da drauf gekommen bist?

40 F: Ähm, weiß ich gar nicht.

41 S: Kannst du das beschreiben? Warum musstest du das Teilen?

42 F: Da kam mir so ein Lichtblick so rein, weil ich weiß auch nicht [überlegt] es,
43 man, war so in der Aufgabe mit drin..

44 S: Irgendwas hat dir dann so gesagt: „Das musst du teilen?“

45 F: Ja.

- 46 S: Okay.
- 47 F: Ja.
- 48 S: Und als du dann das Ergebnis hattest, warst du dann damit so zufrieden und
49 hast gesagt: „Ja das ist es oder hast du da noch gezweifelt?“
- 50 F: Ich hab erst mal überlegt: „Kann das überhaupt stimmen mit den Kugeln?“ Ich
51 hab erst so gezweifelt, weil mir das Glas so klein vorkam und dann habe ich über-
52 legt, weil das ja vergrößert ist und weil das dann anders aussieht, wie das in Echt
53 da ist. Dann kam mir das schon logisch vor, dass es 17 Kugeln sein könnten.
- 54 S: Warum kam dir das so vor? Gab's da wieder irgendwas? Wie eben so'n Licht-
55 blick?
- 56 F: Ich fand's einfach, ich weiß nicht
- 57 S: Versuch das mal zu beschreiben, einfach nur, weil du jetzt die Formel so hinge-
58 schrieben hast und ausgerechnet hast oder weil irgendwas dir im Inneren noch
59 gesagt hat oder wie
- 60 F: Öh, ich weiß es nicht.
- 61 S: Kannst du das beschreiben oder kann man das nicht beschreiben?
- 62 F: Ich kann es gar nicht so beschreiben oder wie es mir da so ging.
- 63 S: Okay, gut.

1 **Mc Fly 2**

- 2 S: Beschreib mir doch mal, wie du so heute vorgegangen bist.
- 3 F: Okay, ich hab mir die Aufgabe angeguckt, hab erst mal so gefragt, was wir da
4 so machen sollen, weil ich es erst mal gar nicht so verstanden habe. Aber dann
5 irgendwann, wo wir dann da ins Formelbuch geguckt haben und die Formel ge-
6 funden haben, ist mir schon eher was so [überlegt] äh eingefallen als vorher, weil
7 ich dabei gesehen hab, wie man vorgehen kann, ähm was man messen könnte.
- 8 S: Wie hast du das denn gesehen?
- 9 F: Weil auf dem Zettel stand so'n Bild, mit dem Buchstaben mit der Höhe und
10 Radius und so und dann hab ich überlegt, ja dann kann ich ja erst mal von dem
11 Blatt ausrechnen und dann in Originalgröße ausrechnen.
- 12 S: Und was hat dir das dann so gesagt, dass du das so machen musst?
- 13 F: Weil's es für mich irgendwie am logischsten war.
- 14 S: Und was ist dann logisch bei dir?

- 15 F: Äh [überlegt] also war es so, dass das Erste was mir eingefallen ist und dann
16 hab ich so gedacht, ja kann man mal einfach so ausprobieren.
- 17 S: Und wie ist dir das so [überlegt] hast du das gemerkt, dass dir das einfiel oder
18 kam das so?
- 19 F: Kam auf einmal so in meinen Kopf es hat auf einmal so [überlegt] weiß auch
20 nicht, ob es so Klack gemacht hat, weil danach wusste ich erst mal nicht, wie ich
21 weiter rechnen sollte, aber es war erst mal so der erst ja [überlegt] wie soll ich
22 sagen der erste Anstoß indem [überlegt] der Aufgabe.
- 23 S: Hm und dann haste, ihr habt das ja gerechnet und irgendwann hast du dann
24 gesagt, wir müssen das noch in Meter umrechnen. Wie bist du denn da drauf ge-
25 kommen?
- 26 F: ja weil mir ist dann plötzlich irgendwie in den Kopf gegangen, dass es ja,
27 [überlegt] dass es ja nicht die Original Größe auf dem Blatt und äh [überlegt]
28 wenn man das in echt sieht, ist es ja größer in Meter und nicht in Zentimeter und
29 dann hab ich überlegt [überlegt] dann kann man es ja eigentlich umrechnen.
- 30 S: Und kannst du das beschrieben, wie du das so [überlegt] gekommen ist?
- 31 F: Ich hab [überlegt], ich hab das so aufgeschrieben, das Ergebnis und dann kam
32 mir [überlegt] in Kopf, dass irgendwie [überlegt] das es ja irgendwie zu klein ist,
33 ja weiß auch nicht.
- 34 S: Und dieses in den Kopf kommen, kannst du `nen Namen für finden?
- 35 F: [überlegt] hm, nö, weiß nicht.
- 36 S: Oder fällt dir da irgendwas anderes zu ein, wie das in den Kopf kommt?
- 37 F: [überlegt] so`n Blitzgedanke, irgendwie.
- 38 S: So`n Blitzgedanke. Ist der dir bewusst dieser Blitzgedanke oder ist der dir un-
39 bewusst?
- 40 F: Eigentlich schon bewusst so.
- 41 S: Im Nachhinein oder dabei, wenn der kommt?
- 42 F: Also erst überleg ich mir mal, aber der Schritt kam mir schon eher bewusst vor
43 [überlegt] aber wenn`s irgendwie [überlegt] wann anders ist, dann denke ich
44 schon mehr darüber nach, weil es kam mir dann schon logisch vor, dass man das
45 dann umrechnen muss.
- 46 S: Du hast das ja so spontan gesagt, aber das müssen wir dann noch in Meter um-
47 rechnen.

- 48 F: Hm.
- 49 S: Dieses Spontane war dir bewusst oder war das dann dieser Blitzeinfall?
- 50 F: Ja, das war dann dieser Blitzeinfall, weil das kam irgendwie so spontan [über-
- 51 legt] irgendwie so in den Kopf.
- 52 S: Und dieses spontan in den Kopf, da kannst du dich auch noch genau dran erin-
- 53 nern?
- 54 F: Jo.
- 55 S: Okay. Und dann haste ja auch noch gesagt, wenn's größer wird wird's kleiner.
- 56 Würdest du sagen, das ist auch noch so'n Blitz ?
- 57 F: Nicht äh, aber das ist so Erinnern, wie man das umrechnen kann von Zentime-
- 58 ter in Meter. Und dann hatten wir ja das Heft hier, wo das drinne stand. Und dann
- 59 hab ich überlegt, wie war das denn [überlegt] irgendjemand hat mal gesagt [über-
- 60 legt] wenn die eine kleiner ist und größer wird, dann ist es irgendwie [überlegt]
- 61 muss es größer oder kleiner werden und da bin ich irgendwie durcheinander ge-
- 62 kommen [überlegt] glaub ich [überlegt] und deswegen ging da [überlegt] irgend-
- 63 wie nicht mehr so viel, weil ich [S unterbricht].
- 64 S: Würdest du sagen, dass dieses wenn größer wird wird's kleiner, ist mehr so'n
- 65 Blitz wieder oder hat es was mit Wissen zu tun?
- 66 F: Da kam glaub ich Wissen dazu, weil ich mein, ich kenn das ja schon [überlegt]
- 67 von früher [überlegt] und dann kam mir das so wieder [überlegt] nicht so'n Blitz
- 68 aber ich kannte das halt schon [überlegt] so dass alte Gedanken wieder hoch ka-
- 69 men.
- 70 S: Okay, alte Gedanken kamen hoch. Und dann hast noch irgendwann mal gesagt,
- 71 hm ich weiß, dass wir was falsch gemacht haben. Woher wusstest du das denn?
- 72 F: Ich weiß gar nicht mehr, wann ich das gesagt hab [überlegt] hä, ähm [überlegt]
- 73 hmm [lacht].
- 74 S: war das ein Gefühl oder wie war das?
- 75 F: Es war nicht wirklich [überlegt], weil ich hab mich immer nen bisschen unsi-
- 76 cher gefühlt, als ich das gerechnet hab, weil [überlegt] ich war mir nicht wirklich
- 77 sicher, ob es richtig sein könnte, [überlegt] war ich eher so, dass es eher falsch
- 78 sein könnte [überlegt] weiß ich auch nicht, was ich gedacht hab [überlegt] ja weil
- 79 ich hab mir überlegt, dass ähm, auf dem Blatt ein kleines Bild und da dachte ich
- 80 mir, dass [überlegt] es war ja irgendwie von dem Bild dann der Radius, den hat

- 81 man dann so doppelt gerechnet und das kam mir irgendwie, das hab ich wirklich
82 nicht verstanden, warum man das so rechnen sollte und da dachte ich mir dann
83 [überlegt] das kann nicht richtig sein.
- 84 S: Hast du das auch gespürt: „Das kann nicht richtig sein?“
- 85 F: Ja, ich hab gezögert, dass irgendwie zu rechnen [überlegt] weil, ich kann ir-
86 gendwie nicht so [überlegt] ich weiß auch nicht [überlegt] Gefühle hatte ich da
87 nicht so[überlegt].
- 88 S: Kannst du das so beschreiben wie das so in deinen Kopf gekommen ist diese?
- 89 F: Hm [überlegt] nicht [überlegt] nicht.
- 90 S: Kam das auch wieder so.
- 91 F: Hm [überlegt] ich weiß nicht [überlegt] es war einfach da, als ich das anfangen
92 wollte zu rechnen, kam mir so das ja eigentlich, komisch ist, sowas zu rechnen.
- 93 S: Und dieses: „Kam so“, würdest du das auch mit dem Wort Blitz beschreiben,
94 oder?
- 95 F: Schon. Aber nicht ganz so wie die anderen Sachen [überlegt] nicht so blitzmä-
96 ßig [überlegt] so`n bisschen weiß nicht [überlegt] hmm.
- 97 S: Ist es schwer zu beschreiben?
- 98 F: Ja.
- 99 S: Ist das dann bewusst oder nicht bewusst?
- 100 F: Weiß ich nicht, hm [überlegt] eigentlich unbewusst.
- 101 S: Und, ähm, dieser Blitz an welcher Stelle kam der?
- 102 F: Welcher Blitz jetzt?
- 103 S: Der erste Blitz den du richtig so [F unterbricht].
- 104 F: Ähm, der kam dann, als wir die Formel hatten [überlegt] also wirklich hier, wo
105 wir das Bild hatten und dann kam mir hier so der Blitz wo wir gerechnet hatten.
- 106 S: Also zwischen?
- 107 F: Drei, vier und fünf.
- 108 S: Zwischen Aufgabe vereinfachen, reales Modell erstellen, Aufgabe mathemati-
109 sieren mathematisches Modell erstellen, Mathe arbeiten und Mathe Resultat ers-
110 tellen und wo genau? Kannst du das sagen?
- 111 F: Nachdem wir halt die Formel hatten und ich mir dann nochmal das Bild mir
112 angeguckt habe, da kam mir das dann so in den Kopf.

Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die Arbeit selbstständig verfasst, keine anderen, als die angegebenen Hilfsmittel verwandt und die Stellen, die anderen benutzten Druck- und digitalisierten Werken im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, mit Quellenangaben kenntlich gemacht habe. Dies gilt auch für Zeichnungen, Skizzen und bildliche Darstellungen.

Kassel, November 2012

Steffi Tecklenburg