



universität  
wien

# DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Gestaltung von Unterrichtsmaterial zu Aspekten des  
Modellbegriffs für eine erste Auseinandersetzung mit  
dieser Thematik in einem offenen Lernarrangement“

verfasst von / submitted by

Marco Brei

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of  
Magister der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2019 / Vienna, 2019

Studienkennzahl lt. Studienblatt /  
degree programme code as it appears on  
the student record sheet:

A 190 423 406

Studienrichtung lt. Studienblatt /  
degree programme as it appears on  
the student record sheet:

Lehramtsstudium UF Mathematik UF Chemie UniStG

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof.<sup>in</sup> Dr.<sup>in</sup> Anja Lembens

Mitbetreut von / Co-Supervisor:

Mag.<sup>a</sup> Dr.<sup>in</sup> Sandra Puddu



## Eidesstaatliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Gänserndorf, im Juni 2019

Unterschrift des Verfassers



# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung .....</b>	<b>7</b>
<b>I. Theoretische Grundlagen .....</b>	<b>9</b>
<b>1. Modelle .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1. Die Rolle von Modellen .....</b>	<b>9</b>
1.1.1. Epistemologischer und ontologischer Aspekt.....	9
1.1.2. Modelle als zentrales Werkzeug in den Naturwissenschaften .....	14
1.1.3. Bildungswert von Modellen .....	17
<b>1.2. Modellkompetenz .....</b>	<b>18</b>
<b>1.3. Modellverständnis.....</b>	<b>21</b>
<b>1.4. Empirische Untersuchungen zu Modellvorstellungen von SchülerInnen.....</b>	<b>24</b>
<b>1.5. Unterrichtskonzepte.....</b>	<b>29</b>
<b>2. Materialgestaltung.....</b>	<b>37</b>
<b>2.1. Lerntheoretische Position.....</b>	<b>37</b>
<b>2.2. Unterrichtsrahmen.....</b>	<b>40</b>
<b>2.3. Materialgestaltung .....</b>	<b>42</b>
2.3.1. Das Lernen beeinflussende Faktoren.....	42
2.3.2. Designprinzipien.....	47
2.3.3. Gestaltung von Aufgaben.....	49
<b>II. Empirische Untersuchung.....</b>	<b>57</b>
<b>3. Beschreibung des Kontexts der empirischen Forschung.....</b>	<b>58</b>
<b>3.1. Forschungsfeld .....</b>	<b>58</b>
<b>3.2. Forschungsfragen .....</b>	<b>61</b>
<b>4. Forschungsmethoden.....</b>	<b>63</b>
<b>4.1. Methoden zur Datenerhebung.....</b>	<b>63</b>
4.1.1. Methode des „Lauten Denkens“ .....	64
4.1.2. Beobachtungsprotokoll – passiv-teilnehmende Beobachtung .....	64
<b>4.2. Methoden zur Datenauswertung .....</b>	<b>66</b>

<b>5. Materialgenese .....</b>	<b>68</b>
<b>5.1. Material – Version 1 .....</b>	<b>68</b>
5.1.1. Planung des Materials .....	69
5.1.2. Darstellung des Materials – Version 1 .....	71
5.1.3. Erste Überprüfung nach der Methode des „Lauten Denkens“ .....	78
<b>5.2. Material – Version 2 .....</b>	<b>80</b>
5.2.1. Erste Weiterentwicklung des Unterrichtsmaterials .....	80
5.2.2. Darstellung des Materials – Version 2 .....	83
5.2.3. Evaluierung des Materials durch den Einsatz im Unterricht.....	90
<b>5.3. Material – Version 3 .....</b>	<b>108</b>
5.3.1. Zweite Weiterentwicklung des Unterrichtsmaterials.....	108
<b>6. Diskussion.....</b>	<b>112</b>
<b>6.1. Beantwortung der Forschungsfragen .....</b>	<b>112</b>
<b>6.2. Methodenreflexion .....</b>	<b>118</b>
<b>6.3. Fazit &amp; Ausblick .....</b>	<b>119</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>120</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>127</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>128</b>
<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>129</b>
<b>Anhang.....</b>	<b>130</b>

# Einleitung

Ein reflektierter Umgang mit Modellen zählt zu den Grundlagen der chemischen bzw. naturwissenschaftlichen Arbeits- und Denkweisen. Das Lernen über Modelle stellt sich für Lernende als äußerst schwierig dar (Justi & Gilbert, 2002). Vor diesem Hintergrund steht die Entwicklung von Unterrichtsmaterial für die Einführung zum Modellbegriff in der 5. Schulstufe bzw. 6. Schulstufe in einem offenen Lernarrangement im Zentrum meiner Forschungsarbeit. Eine wesentliche Rolle bei der Entwicklung des Unterrichtsmaterials für ein Lernen mit und über Modelle spielt auf fachlich-inhaltlicher Ebene der Begriff des Modellverständnisses. Dieses ist Teil von Modellkompetenz und wird von Terzer & Upmeyer zu Belzen (2007) in seinen unterschiedlichen Ausprägungen in Form von Levels dargestellt.

Ziel dieser Diplomarbeit ist die Entwicklung von Unterrichtsmaterial, das Modellverständnis in einer ersten Auseinandersetzung für Lernende im Anfangsunterricht der Sekundarstufe I ermöglichen soll. Das Material wird in Form einer Lernschachtel für den Schachtelunterricht der inklusiven Wiener Mittelschule Lernwerkstatt Donaustadt kreiert. Dies stellt eine Form von offenem Unterricht dar, was zur Folge hat, dass das zu entwickelnde Unterrichtsmaterial den speziellen Ansprüchen dieses Settings entsprechen soll. Dabei spielt insbesondere die Eigenaktivität der Lernenden eine Rolle.

Das kreierte Unterrichtsmaterial soll in einem empirischen Forschungssetup getestet, weiterentwickelt und optimiert werden. Die methodologische Umsetzung dessen geschieht in einem zweistufigen Prozess, wobei in der ersten Stufe eine Testung des Materials mit FachdidaktikerInnen stattfindet und die zweite Phase im schulischen Rahmen durchgeführt wird. Hierbei sollen Hinweise für die Weiterentwicklung des Unterrichtsmaterials erkundet werden. Angesichts des explorativen Charakters soll die qualitative Entwicklungsforschung neue Erkenntnisse darüber liefern, welche Aspekte bei der Materialgestaltung als förderlich und welche als hinderlich für eine erste Auseinandersetzung mit dem Modellbegriff im Unterricht erkannt werden können. Ergebnisse dazu werden mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2016) ausgewertet und interpretiert.

In dieser Arbeit wird im ersten Teil eine theoretische Abhandlung von relevanten Aspekten zum Thema Modelle und Materialgestaltung beschrieben. Im zweiten Teil wird die empirische Forschungsarbeit erläutert. Dabei steht die Darstellung der Materialgenese im Mittelpunkt. Abschließend wird über die angewandten Methoden reflektiert und ein Fazit zu dieser Forschungsarbeit gezogen.

# I. Theoretische Grundlagen

Im ersten Teil der Arbeit werden theoretische Grundlagen erläutert, die für die Behandlung dieser Thematik und der empirischen Untersuchung relevant sind. Dabei werden der Modellbegriff und Aspekte zur Materialgestaltung dargestellt.

## 1. Modelle

Um die Thematik der Modelle im naturwissenschaftlichen Bereich zu betrachten, wird zunächst die Rolle von Modellen im Bereich der Wissenschaft und im schulischen Bereich erläutert.

Damit festgelegt wird, was unter einer adäquaten Sichtweise und einer erstrebenswerten Handlungsweise hinsichtlich Modelle verstanden werden kann, wird auf die Begriffe Modellkompetenz und Modellverständnis eingegangen. Schließlich werden empirische Untersuchungen zu Vorstellungen von SchülerInnen zu Modellen dargestellt und es werden Unterrichtskonzepte zum Lernen über und mit Modellen erläutert.

### 1.1. Die Rolle von Modellen

Zunächst wird der Frage nachgegangen, welche Rolle Modelle in unserer Welt, wie wir sie wahrnehmen, spielen. Außerdem wird betrachtet, welchen Beitrag Modelle in der Wissenschaft leisten und wie sich deren Relevanz äußert. Weiters wird der Stellenwert von Modellen im schulischen Unterricht beleuchtet.

#### 1.1.1. Epistemologischer und ontologischer Aspekt

„Wie gelangen wir in den Naturwissenschaften zu Erkenntnissen?“ und „Wie können wir solche Erkenntnisse einordnen?“ Fragen dieser Art charakterisieren epistemologische und ontologische Aspekte der Naturwissenschaft. Sie sind Teil der *Natur der Naturwissenschaft – Nature of Science*, (McComas, 1998) – und ein gemeinsames Verständnis darüber wird als Wissenschaftsverständnis bezeichnet.

Ein Szenario, indem man ein Phänomen beobachten kann, sich jedoch aufgrund mangelnder Wahrnehmungsmöglichkeit des menschlichen Wesens Fragen nach einer Begründung ablaufender Vorgänge ergeben, ist charakteristisch für den naturwissenschaftlichen Kontext bzw. (in geplanter Form) für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Wie gehen forschende

Personen in diesem Fall vor? Wie können wir etwas erklären, dass wir nicht sehen bzw. wahrnehmen können? An dieser Stelle werfen sich Fragen nach Existenz und Realismus auf. Die Abhandlung dieses Aspekts soll hier nicht aus philosophischer Sicht im kleinsten Detail aufgearbeitet werden. Vielmehr soll eine erkenntnistheoretische Grundlage dargestellt werden, die eine Basis für die Betrachtung des Modellbegriffs ist. Leisner-Bodenthin (2006) erläutert, dass aus der Sichtweise des Antirealismus Gegenstände nur dadurch existieren, dass sie wahrgenommen werden. Im Gegensatz dazu existiert bei einer realistischen Sichtweise ein Gegenstand unabhängig von einer Beobachtung. Um Antworten auf Fragen nach Erklärung von Dingen, die wir nicht wahrnehmen können zu finden, bietet sich somit ein realistischer Zugang an. Dieser kann weiter unterteilt werden in direkt und indirekt. Direkter (naiver) Realismus bedeutet, dass eine direkte bzw. unmittelbare Wahrnehmung von Gegenständen möglich ist. Bei einer indirekten Sichtweise geht man davon aus, dass real existierende Gegenstände nicht direkt (ohne Informationsverlust) wahrgenommen werden können, sondern vielmehr durch einen „geistigen Gegenstand“ vermittelt werden. Weiters kann indirekter Realismus in kritischen Realismus, streng kritischen Realismus und hypothetischen Realismus unterschieden werden (Leisner-Bodenthin, 2006).

<b>Erkenntnistheorie</b>	<b>Ansicht</b>
<b>Naiver Realismus</b>	Es gibt eine reale Welt. Sie ist so beschaffen, wie wir sie wahrnehmen.
<b>Kritischer Realismus</b>	Es gibt eine reale Welt. Sie ist aber nicht in allen Zügen so beschaffen, wie wir sie wahrnehmen.
<b>Streng kritischer Realismus</b>	Es gibt eine reale Welt, aber keine ihrer Strukturen ist so, wie sie uns erscheint.
<b>Hypothetischer Realismus</b>	Wir nehmen an, dass es eine reale Welt gibt, dass diese gewisse Strukturen hat und dass diese Strukturen teilweise erkennbar sind, und prüfen, wie weit wir mit diesen Hypothesen kommen.

*Tabelle 1: Formen des Realismus (Vollmer, 2002, S. 35)*

Mikelskis-Seifert führt an, dass der Modellbegriff in unserem Sprachgebrauch eine vielfältige Anwendung findet. Aus dem Alltag ist ein Modell beispielsweise eine Modelleisenbahn, ein

Modellauto, ein Modell eines Flugzeugs, ein Architekturmodell, ein Modell einer Blüte, ein Modell als Vorbild eines künstlerisches Werk oder ein Modell in der Modewelt bekannt. Im wissenschaftlichen Kontext gibt es beispielsweise mathematische Modelle, statistische Modelle, dynamische Modelle oder wirtschaftstheoretische Modelle. Ein wahres „Begriffsbabylon“, das Schwierigkeiten bei einem Lernen über Modelle verursachen kann (Mikelskis-Seifert, 2010, S. 1). Im naturwissenschaftlichen Kontext hängt die Bedeutung des Modellbegriffs von der erkenntnistheoretischen Sichtweise ab. Um eine Klärung und Definition des Modellbegriffs herbeizuführen, erläutert Leisner-Bodenthin (2006) die Rolle von Modellen im Zusammenhang mit verschiedenen Erkenntnistheorien. Beim direkten (naiven) Realismus stellen Modelle verkleinerte oder vergrößerte Abbilder der direkt wahrnehmbaren Gegenstände der Wirklichkeit dar. Mit Experimenten kann die Richtigkeit der Modelle bewiesen werden. Dabei besteht der Glaube, dass ein vollkommenes Modell mit der Wirklichkeit ganz genau übereinstimmt und dass sich damit der Ausgang aller Experimente ganz genau vorausberechnen lässt (Oeser, 2003).

Im kritischen Realismus werden durch Modelle nur gewisse Strukturen der Realität beschrieben und Konstrukte einer tatsächlich existierenden physischen Welt dargestellt. Modelle werden dabei in einem Zusammenspiel aus Experiment und Theorie auf der Suche nach der „Annäherung an die Wahrheit“ (Popper, 2004, S. 39) immer weiter verbessert. Dabei kann sich ein Modell in einem Experiment zwar nicht als richtig erweisen, sehr wohl aber als falsch. Die Annäherung an die Wahrheit wird demnach durch eine stete Weiterentwicklung und Verbesserung der Modelle ermöglicht.

Beim hypothetischen Realismus nimmt man lediglich an, dass es eine reale Welt gibt, dass diese gewisse Strukturen hat und dass diese Strukturen teilweise erkennbar sind und man prüft, wie weit man mit diesen Hypothesen kommt (Vollmer, 2002, S. 35). Dadurch verändert sich die Rolle von Modellen weg von dem Nachbau (direkter Realismus) bzw. der Annäherung an die Wirklichkeit (kritischer Realismus), hinzu richtigen Handlungen, die durch Modelle ermöglicht werden (Oeser, 2003, S. 60). Modelle sind im hypothetischen Realismus demnach weder richtig noch falsch, sondern zweckmäßig oder unzweckmäßig.

Nach Leisner-Bodenthin (2006) gelten folgenden Annahmen, wenn man den hypothetischen Realismus als Grundlage heranzieht:

- Es gibt eine reale Welt, unabhängig von Wahrnehmung und Bewusstsein.
- Diese reale Welt hat gewisse Strukturen, diese sind aber eher partiell als allumfassend und auf einmal erkennbar.

- Jede Erkenntnis über die Strukturen/reale Dinge werden durch Erfahrung (insbesondere Experimente) und durch den Verstand (insbesondere theoretisieren) in einer Gemeinschaft erreicht.
- Keines dieser Urteile ist als etwas Endgültiges anzusehen. Jedes Wissen über die Dinge ist hypothetisch und vorläufig.
- Naturwissenschaftliche Erkenntnis über etwas an sich ist weit davon entfernt unmittelbar und bildhaft (anschaulich) zu sein. Vielmehr ist sie umwegig und symbolisch.
- Wir prüfen, wieweit wir mit diesen Annahmen kommen und wie nützlich sie für uns sind (Leisner-Bodenthin, 2006, S. 96f).

Im hypothetischen Realismus können nach Leisner (2005) dem Modellbegriff folgende Eigenschaften zugeschrieben werden:

- Naturwissenschaftliche Modelle werden vom Menschen geschaffen und nicht gefunden, wenn die Grenzen der direkten Wahrnehmung erreicht sind, um in ihrer Gänge nicht beobachtbare Mechanismen oder Objekte zu erklären, vorherzusagen und zu veranschaulichen.
- Zur Modellentwicklung muss der/die Konstruierende Spekulation, Intuition, Annahmen und Abstraktionen verwenden.
- Modelle sind zweckmäßig und nicht richtig oder falsch. Den Zweck legt der/die Konstruierende bzw. der/die Anwendende fest.
- Modelle sind Bestandteil von Theorien und müssen sich in der sozialen Gemeinschaft der ForscherInnen durchsetzen und bewähren.
- Naturwissenschaftliche Modelle sind hypothetisch und vorläufig (Leisner, 2005, S. 38).

Nach Mahr (2008) macht es wenig Sinn, ein Modell als solches zu definieren, da die Frage „Was ist ein Modell?“ so nicht beantwortet werden kann. Der Modellbegriff ist so vielschichtig in Verwendung, daher gibt es nach Mahr keine Schnittmenge von modelltypischen Eigenschaften, die etwas zweifellos als Modell erkennen lassen. Aus diesem Grund nähert sich Mahr dem Modellbegriff nicht durch eine explizite Definition, welche ein Objekt die Charaktereigenschaft Modell zuordnen würde, sondern durch ein implizites Vorgehen. Dabei wird beschrieben, unter welchen Bedingungen etwas als Modell aufgefasst wird.

*Modellsein* wird nach Mahr als der Inhalt eines Urteils durch ein Subjekt definiert“ (zitiert nach Upmeier zu Belzen & Krüger, 2010, S. 43).

Dieses Urteil beinhaltet drei Modi der Identität:

1. Modelle besitzen als Modellobjekte eine Erscheinungsform (z.B. räumliche Miniatur, Text oder Grafik).
2. Modelle werden als Modelle von etwas aufgefasst.
3. Modelle werden als Modelle für etwas aufgefasst.

Erst durch einen zweckgerichteten Auswahl- und Konstruktionsprozess durch ein Subjekt wird etwas zu einem Modell.



Abbildung 1: Das Modellobjekt und seine konstruktiven Beziehungen verändert nach Mahr (2008), zitiert nach Upmeier zu Belzen & Krüger (2010, S. 45)

Das Modellobjekt ist durch zwei „konstruktive Beziehungen“ (siehe Abbildung 1) gekennzeichnet, der Herstellungs- und der Anwendungsperspektive.

Zum einen besteht eine Beziehung zwischen dem Ausgangsobjekt und dem Modellobjekt. Damit wird die Herstellungsperspektive beschrieben (Modell von etwas). Ausgehend von einer Beobachtung oder Vorstellung entsteht die Herstellungsperspektive durch eine Induktion. „Dabei werden Anschauungen, Erfahrungen, Messungen, Merkmale, Erkenntnisse oder Regelinhalte durch Auswahl und Verallgemeinerung an eine neue Form und Repräsentation gebunden.“ (Upmeier zu Belzen & Krüger, 2010, S. 44). Dies stellt den Modellierungsprozess dar. Dabei wird das Modellobjekt als Ergebnis einer Modellierung eines Ausgangsobjekts (Original) betrachtet. Das Modellobjekt stellt in weiterer Folge wiederum den Ausgangspunkt für die Modellanwendung dar. Die Funktion eines Modellobjekts liegt darin, dass dieses bei der Anwendung die Übertragung bestimmter Qualitäten des Ausgangsobjekts (Originals) garantiert. Mahr (2008) bezeichnet den in Form und Repräsentation gefassten Inhalt, der mit dem Modellobjekt übertragen wird als *Cargo* des Modells (Mahr, 2008 zitiert nach Upmeier zu Belzen & Krüger, 2010, S. 44).

Zum anderen besteht eine Beziehung zwischen dem Modellobjekt und der zweckgerichteten Anwendung. In dieser Beziehung wird das Modellobjekt als Modell für etwas betrachtet, unter der sogenannten Anwendungsperspektive. Unter der Anwendungsperspektive wird verstanden, dass sich der *Cargo* wieder aus dem Modellobjekt herauslösen und auf ein anderes Objekt übertragen lässt. Bei Vermittlungssituationen entspricht der *Cargo* des Modelles das zu Vermittelnde, also das was beim Einsatz des Modells erfahren werden soll. Wird ein Modell zur Erkenntnisgewinnung genutzt, so beschreibt der *Cargo* die zu testenden Ideen, die in

Hypothesen formuliert sind und im Erkenntnisprozess entweder widerlegt oder bestätigt werden.

Somit steht das Modellobjekt sowohl in Beziehung von etwas (dem Original) als auch für etwas (für den Anwendungszweck). Upmeier zu Belzen & Krüger (2010) halten fest, dass die Herstellungsperspektive den Prozess der Modellierung und Optimierung des Modellobjekts beschreibt, während die Anwendungsperspektive die Nutzung zur Erkenntnisvermittlung bzw. -gewinnung einbezieht. Diese stellt sich für eine Strukturierung von Modellkompetenz als hilfreich dar (Upmeier zu Belzen & Krüger, 2010, S. 45).

### 1.1.2. Modelle als zentrales Werkzeug in den Naturwissenschaften

Modelle stellen nicht die „richtigen Antworten“ auf wissenschaftliche Fragen dar, sondern sie sind die Methode und das Produkt von Naturwissenschaft. Ohne Modelle ist Naturwissenschaft weder lehr- noch lernbar (Harrison & Treagust, 2000, S. 1013).

Justi & Gilbert (2002) stellen den Umgang mit Modellen in der Chemie dar, wobei dieser für Naturwissenschaften verallgemeinert werden kann. Dabei werden Phänomene beobachtet, und die Ideen, mit denen versucht wird, diese Phänomene zu erklären, entstehen durch Modellbildung. Dies geschieht sowohl auf makro- als auch auf submikroskopischer Ebene, wobei Analogien von bereits vorhandenen Kenntnissen verwendet werden. Das Resultat von solchen Prozessen drückt sich in gegenständlichen, visualisierten, mathematischen und/oder verbalen Repräsentationen aus. Die entstehenden Erkenntnisse werden durch Modelle produziert und kommuniziert, welche sich mit dem Fortschreiten von Forschungsarbeit weiterentwickeln und verändern. Der Prozess der Erklärungsfindung und Erkenntniskonstruktion wird durch das Denken in Modellen ermöglicht. Die historische Bedeutung und den Stellenwert von Modellen und Modellbildung verdeutlichen Justi & Gilbert (2002) durch das erste Atommodell von John Dalton zu Beginn des 19. Jahrhunderts, welches eine bahnbrechende Rolle darstellt, in der Art und Weise, wie Modelle zur Entwicklung chemischer Erkenntnisse beitragen. Nachfolgende Chemiker wie Kekulé, Van't Hoff, Pauling, Watson und Crick haben Modelle in zunehmender Art und Weise verwendet, um damit deren Vorstellung über molekulare Strukturen zu präsentieren, zu diskutieren und weiterzuentwickeln. Resultierend aus der Entwicklung der Informationstechnologie haben Computer, durch die Möglichkeit große Datenmengen zu verarbeiten, die Modellbildung und die Darstellung auf eine neue Ebene gehoben (Justi & Gilbert, 2002, S. 47f).

Der Prozess der Modellbildung wird von Steinbuch (1977), zitiert nach (Lutz & Pfeifer, 2002, S. 49))basierend auf epistemologischen Überlegungen skizziert (siehe Abbildung 2Abbildung 2: Zusammenhänge zwischen Sachverhalt, Denk- und Anschauungsmodell nach Steinbuch (1977)). Dabei wird verdeutlicht, dass sich bei der Beobachtung eines Phänomens bzw. eines Sachverhalts ein Teil unserer Wahrnehmung entziehen kann. Um ein Verständnis für diesen Sachverhalt entwickeln zu können, führt der Weg über ein Denkmodell zu einem konkreten Anschauungsmodell. Durch bereits vorhandene Kenntnisse (z.B. allgemein anerkannte Erkenntnisse) und der reduzierten Wahrnehmung entstehen Denkmodelle im Bewusstsein des Menschen. Bei der Konstruktion eines konkreten Anschauungsmodells, werden einerseits (für den Zweck des Modells irrelevante) Aspekte des Originals bzw. des Denkmodells weggelassen, andererseits werden irrelevante Aspekte hinzugefügt. Als Beispiel dafür sei ein Anschauungsmodell eines Natriumchlorid-Kristallgitters erwähnt, bei dem die als Kugel dargestellten Ionen durch Stäbe zusammengehalten werden (Lutz & Pfeifer, 2002, S. 49f).

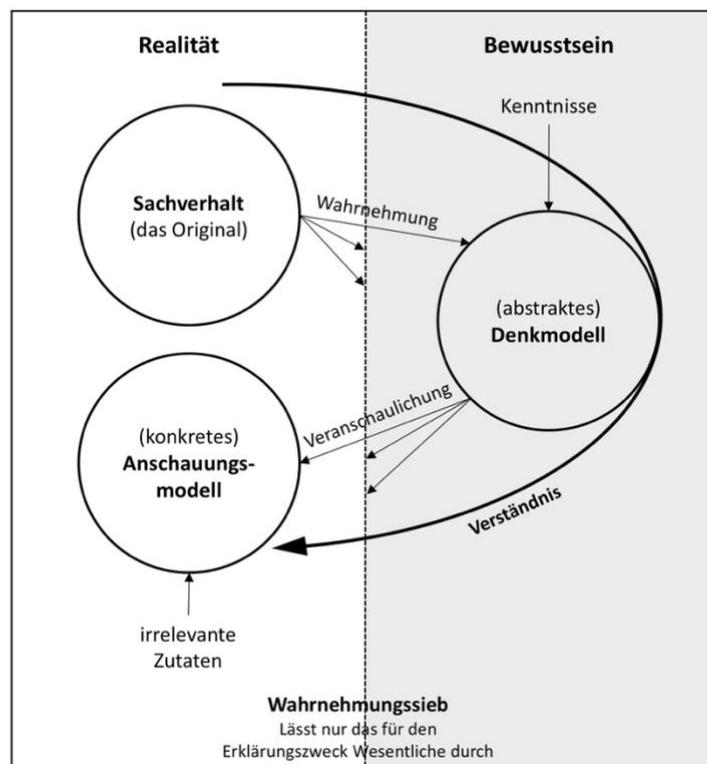


Abbildung 2: Zusammenhänge zwischen Sachverhalt, Denk- und Anschauungsmodell nach Steinbuch (1977), zitiert nach (Lutz & Pfeifer, 2002, S. 49)

Steinbuch (1985) erläutert, dass naturwissenschaftliches Denken auf Denkmodelle aufbaut, die beobachtungsgestützte und intersubjektive, kommunizierbare Beschreibungen der Außenwelt in ökonomischer Weise ermöglichen. Die Notwendigkeit des Denkens in Modellen ergibt sich,

da das Fassungsvermögen des Bewusstseins des Menschen zum Verständnis unserer Welt aufgrund ihrer Komplexität quantitativ (im Sinne der Informationstheorie) unzureichend ist. Das menschliche Gehirn, das menschliche Bewusstsein, das menschliche Gedächtnis, sie alle sind quantitativ beschränkt, sodass nicht jeder beliebig komplizierte Sachverhalt auch verstanden werden kann. Denkmodelle ermöglichen dem menschlichen Bewusstsein Teilbereiche der Wirklichkeit abzubilden, um somit zumindest in diesen Teilbereichen erfolgreich denken zu können. Eine Begründung für eine Bevorzugung des menschlichen Gehirns von Modellen gegenüber einem Original, sieht Steinbuch (1985) darin, dass die Anwendung von Modellen meist ökonomischer als die Anwendung der Originale oder deren informationelle Kopien ist. Der Aspekt der gesteigerten Denkökonomie kann damit erklärt werden, dass die Benutzung von vereinfachender Denkmodelle, die in simplifizierender Weise ein partielles Verständnis ermöglichen, ein methodischer Trick des menschlichen Denksystems darstellt, um mit Sachverhalten fertig zu werden, die seine Kapazität eigentlich überschreiten. Die unvermeidbare Vereinfachung, die beim Konstruieren eines Denkmodells entstehen, können immer als „Simplifikation“ abgewertet werden. Allerdings ist dies kein vernichtendes Argument gegen ein Denkmodell. Entscheidend ist, ob die Benutzung eines Denkmodells bei der Behandlung eines Problemtyps weiterführt (Steinbuch K. , 1985, S. 307f).

Zu berücksichtigen ist, dass Denkmodelle nicht nur durch den Verzicht irrelevanter Informationen entstehen, sondern auch zusätzliche Informationen enthalten können. Angenommen eine experimentierende forschende Person hält ihre Beobachtungen in Form einer Zahlenreihe fest. Das Ziel sei eine mathematische Formel, dessen Abweichung möglichst gering gegenüber der tatsächlichen Datenreihe ist. Das bisherige Vorgehen kann als Informationsreduktion angesehen werden. Jedoch werden ForscherInnen die erhaltene Formel nicht unreflektiert verwenden, sondern Zusatzüberlegungen einbauen, wie zum Beispiel, ob die erstellte Formel bereits allgemein anerkannten wissenschaftlichen Prinzipien entspricht. Sollte dies nicht der Fall sein, wird die Formel verworfen oder solange modifiziert und überprüft, bis der Widerspruch beseitigt ist. Dieses Vorgehen zeigt, dass beim Konstruieren eines Denkmodells auch informationelle Zutaten, die sich an der Realität orientieren, einen Einfluss haben (Steinbuch K. , 1985, S. 307f).

### 1.1.3. Bildungswert von Modellen

Ein reflektierter Umgang mit Modellen zählt zu den Grundlagen der chemischen bzw. naturwissenschaftlichen Arbeits- und Denkweise. Dazu zählen auch epistemologische Aspekte, wie die Bedeutung von Modellen und Modellbildung im Prozess der Erkenntnisgewinnung zu erkennen und die Fähigkeit, den Stellenwert von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen hinsichtlich ihrer Tragfähigkeit und Grenzen einordnen zu können.

Die Forderung, dass die zentrale Rolle von Modellen und Modellbildung auch im Lernen und Verstehen der Naturwissenschaften Platz finden und SchülerInnen nähergebracht werden sollte spiegelt sich in der fachdidaktischen Diskussion der Biologie, Chemie und Physik wieder (Bindernagel & Eilks (2008), Upmeyer zu Belzen & Krüger (2010), Mikelskis-Seifert, Thiele, & Wünscher (2005) ).

Ein Verständnis über die Rolle von naturwissenschaftlichen Modellen zu besitzen, ist auch Teil eines Verständnisses über die *Natur der Naturwissenschaften* (McComas, 1998). Ein Wissen über die *Natur der Naturwissenschaften* wird auch als Wissenschaftsverständnis bezeichnet (Sodian, Thoermer, Kircher, Grygier, & Günther, 2002). Ein Ziel von Unterricht, der sich an der Vermittlung der *Natur der Naturwissenschaft* orientiert ist angemessene epistemologische Überzeugungen bei SchülerInnen zu entwickeln (Urhahne & Hopf, 2004).

Auch im Lehrplan (Bundesministerium für Bildung) für die Sekundarstufe I finden sich Ansprüche an die Entwicklung eines Modelldenkens. Zur Bildungs- und Lehraufgabe des Chemieunterrichts zählt, SchülerInnen ausgehend von deren Erfahrungsbereich zu chemisch-naturwissenschaftlichen Denken hinzuführen. Dazu zählt die „Schulung des einfachen Modelldenkens unter Einbeziehung vorhandener Schülervorstellungen.“ (Bundesministerium für Bildung, S. 67)

Mit dem pädagogischen und didaktischen Anliegen nach der Entwicklung von Kompetenzen, stellt sich die Frage, ob der Kompetenzbegriff sich auch auf den Themenbereich der Modelle anwenden lässt. Unter dem Begriff Modellkompetenz wird diese Thematik in der fachdidaktischen Forschung behandelt.

## 1.2. Modellkompetenz

Das Einsatzgebiet von Modellen ist äußerst vielschichtig. Beispielsweise bedient man sich dem Werkzeug des Modells, um in den naturwissenschaftlichen Bereichen Kompetenzen zu beschreiben, das sogenannten Kompetenzmodell der Naturwissenschaften (Bifie, 2011). Im Folgenden wird nun die Kompetenz im Umgang mit Modellen thematisiert, die sogenannte Modellkompetenz.

Die Forderung nach einer Ausbildung von Modellkompetenz ist in zwei wesentlichen Aspekten begründet. Zum einen erhofft man sich, dass Fachinhalte besser gelernt werden können. Zum anderen wird Modellkompetenz an sich ein Bildungswert zugesprochen. Ein Teil der Modellkompetenz, das Modellverständnis, ist dem Wissenschaftsverständnis zuzuordnen, welches nicht nur in der Fachdidaktik, sondern auch im Rahmen von Lehrplänen und Standards eingefordert wird (Leisner-Bodenthin, 2006, S. 91).

Upmeyer zu Belzen & Krüger (2010) definieren Modellkompetenz für den Biologieunterricht in Anlehnung an den Kompetenzbegriff von Weinert (2001). Dabei beinhaltet Kompetenz neben der kognitiven Komponente auch motivationale, volitionale und soziale Bereitschaft und Fähigkeit, diese in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll zum Lösen von Problemen nutzen zu können.

*„Modellkompetenz umfasst die Fähigkeiten, mit Modellen zweckbezogene Erkenntnisse gewinnen zu können und über Modelle mit Bezug auf ihren Zweck urteilen zu können, die Fähigkeiten über den Prozess der Erkenntnisgewinnung durch Modelle und Modellierung in der Biologie zu reflektieren sowie die Bereitschaft, diese Fähigkeit in problemhaltigen Situationen anzuwenden.“ (Upmeyer zu Belzen & Krüger, 2010, S. 49)*

Die Struktur von Modellkompetenz gliedert sich nach Upmeyer zu Belzen und Krüger (2010) in „Kenntnisse über Modelle“ und „Modellbildung“. Die Dimension „Kenntnisse über Modelle“ ist dem Wissenschaftsverständnis zuzuschreiben und wird durch epistemologische und ontologische Positionen ausgedrückt. Sie kann als konzeptuelles bzw. deklaratives Wissen bezeichnet werden.

Die Dimension „Modellbildung“ beschreibt den Umgang mit Modellen im Modellbildungsprozess und kann als prozedurales Wissen verstanden werden (Upmeyer zu Belzen & Krüger, 2010, S. 50).

Leisner (2005) definiert Modellkompetenz im schulischen Kontext für den Physikunterricht als „ein System aus Kenntnissen (deklaratives Wissen) und erlernbaren Fähigkeiten (prozedurales

Wissen), die zu der Disposition (Verfügbarkeit und Selbstständigkeitsgrad) des Lerners führen, Anforderungen im Umgang mit naturwissenschaftlichen Modellen auf schulischem Niveau zu bewältigen“ (S. 35).

Dieser Definition zufolge, umfasst deklaratives Wissen Modellverständnis und ein Wissen um Inhalte, Annahmen und Idealisierungen (Modelleigenschaften) konkreter Modelle. Prozedurales Wissen ist die Fähigkeit, Modellverständnis und Modelleigenschaften zum Problemlösen anzuwenden. Die Umsetzbarkeit von deklarativem und prozeduralem Wissen in unterschiedlichen und unbekanntem Situationen drückt sich durch den Selbstständigkeitsgrad aus (Leisner-Bodenthin, 2006, S. 93).

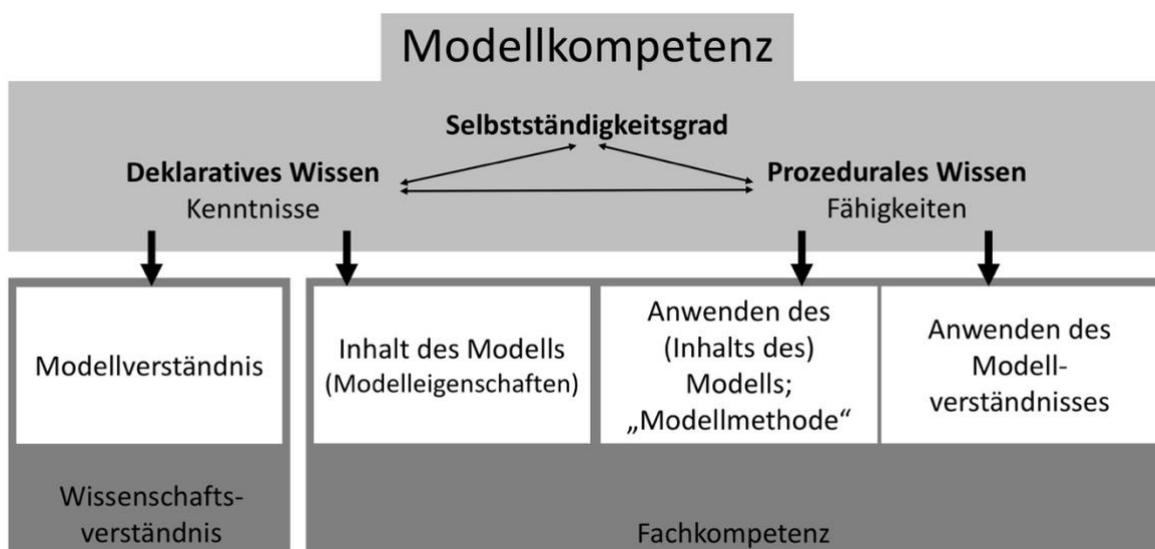


Abbildung 3: Zusammensetzung und Einbettung von Modellkompetenz nach (Leisner-Bodenthin, 2006, S. 93)

Leisner (2005) erläutert, dass zum Modellverständnis einerseits Kenntnisse (deklaratives Wissen) und andererseits Fähigkeiten (prozedurales Wissen) zählen.

Dazu gehören folgende Kenntnisse:

- Unterschiede zwischen den Eigenschaften der Erfahrungswelt und der Modellwelt kennen;
- Unterschiede zwischen Alltagsmodellen und naturwissenschaftlichen Modellen kennen;

Weiters zählen zum Modellverständnis die hier angeführten Fähigkeiten:

- Bewusstes unterscheiden von Phänomen und Modell;
- Bewusstes unterscheiden von Alltagsmodellen und naturwissenschaftlichen Modellen;
- Fähigkeit zur Reflexion über naturwissenschaftliche Modelle und dem Modellieren (Leisner, 2005);

Zu den Modelleigenschaften zählen Kenntnisse über konkrete Annahmen, Idealisierungen und Inhalte (physikalischer) Modelle und Fähigkeiten zur Auswahl, des Anwendens und des Wertens naturwissenschaftlicher Modelle zum Problemlösen (Leisner, 2005, S. 36).

Das Modellverständnis ist Teil eines adäquaten Wissenschaftsverständnisses und dessen Erwerb kommt der Forderung eines Lernens über die Natur der Naturwissenschaften gleich.

Das Wissen um Modelleigenschaften und deren Anwendung beim Problemlösen und das Nutzen eines adäquaten Modellverständnisses sind Teil der naturwissenschaftlichen Kompetenz.

### 1.3. Modellverständnis

Als Teil von Modellkompetenz wird von Leisner-Bodenthin (2006) das Modellverständnis definiert. Als Grundlage dazu dienen Arbeiten von Carey et al. (1989) und Driver et al. (1996) zum Wissenschaftsverständnis und von Justi & Gilbert (2003) und Grosslight et al. (1991) zum Modellverständnis. Terzer & Upmeyer zu Belzen (2007) haben die Definition von Leisner-Bodenthin (2006) aufgegriffen und das Modellverständnis kategorisiert.

Unter Wissenschaftsverständnis versteht man „Understanding the Nature of Science“ und dies beinhaltet Einsicht in erkenntnistheoretische, wissenschaftstheoretische und wissenschaftsethische Grundlagen der Naturwissenschaften (Sodian, Thoermer, Kircher, Grygier, & Günther, 2002, S. 192). Leisner (2005) führt aus, dass Aspekte davon, welche sich beim Lernen über Modelle wiederfinden, im wissenschafts- und erkenntnistheoretischen Bereich zu finden sind. Fragen wie „Welche Eigenschaften zeichnen ein naturwissenschaftliches Modell aus?“ oder „Wie können mithilfe der Modellbildung Erkenntnisse über die Realität gewonnen werden?“ fallen ebenso in den wissenschaftstheoretischen Bereich wie die Reflexion über die eigene Modellanwendung zum Problemlösen. Erkenntnistheoretische Aspekte kommen auf, wenn der Frage „Wann wird in der Naturwissenschaft ein Modell entwickelt?“ nachgegangen wird. Dies führt zum Aspekt der Grenze der menschlichen Wahrnehmung und diese schließlich zur Frage nach der Realität. Somit ist das Lernen über Modelle Bestandteil des Lernens über die Natur der Naturwissenschaft. Ein angemessenes Modellverständnis beinhaltet ein Bewusstsein über den tentativen, hypothetischen und subjektiven Charakter naturwissenschaftlicher Modelle. Für die Vermittlung eines angemessenen Modellverständnisses sieht Leisner (2005) den Bedarf nach einem hypothetisch-realistischen Rahmen.

Das Modellverständnis habe eine „Tür-Öffner-Funktion“ zum Wissenschaftsverständnis. Ein Modellverständnis sei notwendig, aber nicht hinreichend für ein Wissenschaftsverständnis (Leisner, 2005, S. 35ff).

Ein angemessenes Modellverständnis wird von Leisner-Bodenthin (2006, S. 93f) folgendermaßen definiert: SchülerInnen wissen, dass

- Modelle vom Menschen geschaffen werden,
  - wenn die Grenzen der direkten Wahrnehmung erreicht sind.
  - um (in ihrer Gänze) nicht beobachtbare Phänomene zu erklären, vorherzusagen und zu veranschaulichen.

- zur Modellentwicklung Spekulation, Intuition, Annahmen und Abstraktion notwendig sind.
- Modelle zweckmäßig und nicht richtig oder falsch sind.
- naturwissenschaftliche Modelle hypothetisch und vorläufig sind.
- Modelle sich in einer Community durchsetzen müssen.

Basierend auf der Arbeit von Leisner-Bodenthin (2006) haben Terzer und Upmeier zu Belzen (2007) dargestellt, dass das Modellverständnis (abgekürzt als MV) Wissen umfasst über:

- die Definition des Begriffs „Modell“ (MV1),
- die Unterschiede zwischen Erfahrungs- und Modellwelt (MV2),
- unterschiedliche Modelltypen – implizite Kenntnis von Struktur-, Funktions- und Konstruktmodellen und deren Eigenschaften (Eschenhagen, Kattmann, & Rodi, 2006) (MV3),
- die Unterschiede zwischen Alltags- und naturwissenschaftlichen Modellen (MV4),
- den Zweck von Modellen (MV5),
- Modellbildung (MV6) und
- die Rolle von Modellen im wissenschaftlichen Erkenntnisprozess – Veränderbarkeit und multiple Modelle (MV7).

Die Bezeichnungen der unterschiedlichen Modellverständniskategorien mit MV und der fortlaufenden Nummerierung stammen von den Autoren und werden aus Gründen der Übersichtlichkeit im weiteren Verlauf der Arbeit in dieser Form verwendet.

Carey et al. (1989), Driver et al. (1996) und Günther et al. (2004) haben das Wissenschaftsverständnis bei SchülerInnen in seiner Ausprägung in drei Levels differenziert. In Anlehnung dazu haben Terzer und Upmeier zu Belzen (2007) das Modellverständnis in einer Ordinalskala nach Levels dargestellt (Tabelle 2). Dabei werden zu fünf von den sieben Kategorien des Modellverständnisses (MV1, MV2, MV5, MV6 und MV7) Ausprägungen definiert, die sich in drei Levels äußern. Die Beschreibung der Levels lässt sich folgendermaßen darstellen:

*„Diese [Levels] schließen sich gegenseitig nicht aus, sondern sollen verschiedene qualitative Ausprägungen von Vorstellungen in Hinblick auf Wissenschafts- und Modellverständnis abbilden. Grundlegende Annahme für die Hierarchisierung ist, dass Vorstellungen, die die Verwendung von Modellen zu Forschungszwecken beinhalten, komplexer sind als solche, die der Veranschaulichung oder der denkökonomischen Funktion dienen.“*

(Terzer & Upmeier zu Belzen, 2007, S. 41)

	Level 1	Level 2	Level 3
MV1	Definition von Modellen als 3D-Kopien eines Originals	Modellbegriff schließt zweidimensionale Abbildungen ein	Modelle als theoretische Rekonstruktion von Realität auf der Grundlage der Vorstellungen einer Struktur, Funktion bzw. Theorie
MV2	Unterschied zum Original: Größe	Annahme weiterer Unterschiede zum Original neben einem anderen Maßstab (Farbe, Funktion etc.)	Epistemischer Unterschied zwischen Modell und Original
MV5	Anschauungsfunktion	Denkökonomische Funktion	Heuristische Funktion
MV6	Kriterium der Ähnlichkeit und Entsprechung	Kriterium der Einfachheit und Adäquatheit	Kriterium der Exaktheit und Effektivität
MV7	Veränderung des Modells bei fachlicher Fehlerhaftigkeit oder Veränderung des Originals; Multiple Modelle nicht sinnvoll	Änderung des Modells bei neuen Erkenntnissen; Multiple Modelle zur Darstellung verschiedener Aspekte oder Ansichten	Veränderung eines Modells und Bildung multipler Modelle, um Hypothesen zu testen bzw. im weiteren Sinne um zu forschen

Tabelle 2: Beschreibung der Levels des Modellverständnisses nach Terzer & Upmeier zu Belzen (2007, S. 42)

MV3 und MV4 wurden nicht für die Zuordnung zu Levels herangezogen, da sie rein deskriptiv sind. Zu MV5 und MV6 beziehen sich Terzer und Upmeier zu Belzen (2007) auf folgende Inhalte von Eschenhagen, Kattmann & Rodi (2006): Der Zweck von Modellen liegt in (i) der Veranschaulichung von Strukturen, Prozessen und theoretischen Konstrukten (Anschauungsfunktion) (ii) dem Vereinfachen des Zugangs zu Sachverhalten und Problemlösungen (denkökonomische Funktion) und (iii) der Problemfindung und Problemeingrenzung, welche durch den tentativen und hypothetischen Charakter ermöglicht wird (heuristische Funktion).

Ein funktionales Modell muss dem Original in den wesentlichen Eigenschaften entsprechen (Kriterium der Ähnlichkeit), diese Eigenschaften adäquat und auf das wesentliche reduziert abbilden (Kriterium der Einfachheit und Adäquatheit) und exakt genug sein, um in einem definierten Bereich Vorhersagen über das Original zuzulassen (Kriterium der Exaktheit und Effektivität), wobei es keine Kopie des Originals ist.

Die Darstellung des Modellverständnisses nach Terzer und Upmeier zu Belzen (2007) stellt eine wichtige Grundlage für die Entwicklung des Unterrichtsmaterials dar. Im zweiten Teil dieser Arbeit in der Materialgenese wird darauf Bezug genommen.

Nachdem nun erläutert wurde, wie Modellverständnis beschrieben werden kann, stellt sich die Frage, welche Vorstellungen bei SchülerInnen diesbezüglich vorhanden sind. Dies wird im folgenden Kapitel aufgezeigt.

#### 1.4. Empirische Untersuchungen zu Modellvorstellungen von SchülerInnen

Einerseits werden in diesem Kapitel empirisch erhobene Daten zu SchülerInnenvorstellungen betrachtet, welche bezüglich der nach Terzer & Upmeier zu Belzen (2007) formulierten Levels des Modellverständnisses (siehe Tabelle 2) dargestellt werden. Die angeführten Ergebnisse dienen als Ausgangspunkt bei der Planung des Materials dieser Diplomarbeit für mögliche SchülerInnenvorstellungen bzw. für eine Abschätzung potenziell erreichbare Ziele. Andererseits werden Vorstellungen von Lehrpersonen und deren Auswirkungen auf den Unterricht thematisiert, da das Modellverständnis von Lehrpersonen eine zentrale Rolle für die Gestaltung von Unterricht einnimmt.

Grosslight et al. (1991) untersuchten Vorstellungen von SchülerInnen zu Modellen und zur Modellbildung. Sie interviewten SchülerInnen der Jahrgangsstufen 7 (n = 33) und der Jahrgangsstufe 11 (n = 22) zu den Aspekten „kind of models“, „purpose of models“, „designing and creating models“, „changing models“ und „multiple models“.

In der Studie nannten nahezu alle SchülerInnen gegenständliche Modelle für konkrete Objekte als „kind of models“. Modelle werden dabei als Kopie der realen Objekte wahrgenommen.

Der Zweck von Modellen („purpose of models“) als Lehr- bzw. Lernmittel, die dem Verständnis und der Kommunikation dienen, steht für SchülerInnen im Vordergrund. Die Rolle von Modellen im wissenschaftlichen Erkenntnisprozess wird von SchülerInnen kaum wahrgenommen.

Die zu dem Thema „designing and creating models“ interviewten SchülerInnen der 7. Jahrgangsstufe äußerten, dass eine modellierende Person über ein Modell nachdenkt und versucht, es in Bezug auf die Größe, Form und Proportionen möglichst ähnlich zu gestalten. SchülerInnen der 11. Schulstufe hingegen sehen häufiger die Betrachtung von wichtigen und weniger wichtigen Aspekten bei der Herstellung von Modellen als relevant an,

Die Veränderung eines Modells („changing models“) werden bei SchülerInnen der 7. Schulstufe wegen Fehler in Modellen oder der Veränderung der Realität gesehen. SchülerInnen der 11. Schulstufe nennen hingegen häufiger neue Erkenntnisse durch Forschung, Experimentieren oder Entdeckungen als Veränderungsgrund. Die Befragten nehmen allerdings nicht wahr, dass das Modell selbst ein wichtiges Instrument des Forschungsprozesses ist. Desweiteren nannte keiner der Befragten zu „multiple models“ den Einsatz multipler Modellen zum Testen verschiedene Hypothesen.

Terzer & Upmeier zu Belzen (2007). untersucht das Modellverständnis von 41 Schülerinnen und 29 Schüler aus drei Klassen der 9. Schulstufe. Die Teilnehmenden bearbeiteten in schriftlicher Form offene Fragen. Die Antworten wurden nach den Levels des Modellverständnisses (MV1 bis MV7, siehe Tabelle 2) von Terzer & Upmeier zu Belzen (2007) geordnet.

Der Modellbegriff (MV1): Wie auch bereits Grosslight et al. (1991) stellten Terzer & Upmeier zu Belzen (2007) fest, dass die Mehrheit der SchülerInnen einen Gegenstand als Grundlage von Modellen sieht (Level 1).

Unterschied zwischen Modell und Original (MV2): Der Unterschied zwischen Modell und Original wird in erster Linie in der Größe gesehen (Level 1). Zu Vorstellungen, die einem Level 2 entsprechen, werden nur von weniger SchülerInnen andere Unterschiede wie Farbe, Form, Material, Gewicht, Funktionsfähigkeit und Struktur genannt (Level 2). Als Grenzen von Modellen wird genannt, dass beispielsweise Miniaturautos nicht fahren können oder Bakterienmodelle nicht leben. Modelle seien demnach nicht echt und besitzen nicht dieselben Eigenschaften wie das Original.

Unterschiedliche Modelltypen (MV3): Als dominierende Vorstellung werden Strukturmodelle wie Planetenmodell, Torso, Skelett- sowie Organmodelle und Globen genannt. Die Modelltypen Konstruktmodelle und Funktionsmodelle werden weitaus weniger häufig erwähnt.

Unterschiede zwischen Alltags- und naturwissenschaftlichen Modellen (MV4): SchülerInnen äußern, dass wissenschaftliche Modelle der Veranschaulichung bzw. der Erleichterung des Lernens dienen, während Alltagsmodelle zum Spielen, als Vorlage für Bilder oder zur Präsentation von Ideen genutzt werden.

Zweck von Modellen (MV5): Vorstellungen auf Level 1, dass Modelle der Anschauung dienen, ist bei SchülerInnen sehr verbreitet. Die Vorstellung, dass die Anschauungsfunktion in enger Verbindung mit der denkökonomischen Funktion steht, da eine bessere Anschauung mit einer

Verständnisförderung einhergeht, ist ebenfalls verbreitet. Dieses Ergebnis deckt sich mit jenem von Grosslight et al. (1991) zu „purpose of models“.

Modellbildung (MV6): Als Hauptkriterium wird die Ähnlichkeit und Entsprechung genannt (Level 1). Danach kommt die Einfachheit und Adäquatheit (Level 2). Der Anspruch der Exaktheit und Effektivität wird nur vereinzelt genannt. Auch in diesem Bereich sind die Ergebnisse ähnlich zu jenen von Grosslight et al. (1991) zum Thema „designing and creating models“.

Veränderung von Modellen und multiple Modelle (MV7): Modelle sind veränderbar. Diese Tatsache ist den SchülerInnen bewusst. Als Anlass werden neue Erkenntnisse und die Weiterentwicklung des Modells (Level 2) sowie dessen fachliche Fehlerhaftigkeit und die Veränderung des Originals (Level 1) genannt. Die untersuchten SchülerInnen nennen als Argument für multiple Modelle, dass man damit verschiedene Aspekte eines Originals zeigen kann (Level 2). Dabei halten nur wenige SchülerInnen multiple Modelle für nicht sinnvoll. Diese geben als Begründung an, dass multiple Modelle zur Verwirrung führen können, da man nicht wisse, welches Modell richtig sei (Level 1). Bei Grosslight et al. (1991) wurde unter „changing models“ die Vorstellung der 7. Schulstufe wegen Fehlerhaftigkeit im Modell oder der Veränderung der Realität beobachtet (entspricht MV7, Level 1). In der höheren Schulstufe 9, wie sie auch von Terzer & Upmeier zu Belzen (2007) untersucht wurde, konnte eine Entwicklung von Grosslight et al. (1991) in diesem Bereich beobachtet werden. Dieses Ergebnissen stimmt mit den Daten von Terzer & Upmeier zu Belzen (2007) überein und entspricht MV7, Level 2.

Eine weitere Untersuchung zu Vorstellungen von Lernenden zu Modellen und deren Modellkompetenz führten Trier & Upmeier zu Belzen (2009) durch. Dabei wurden Einzelinterviews (n = 7) in den Jahrgangsstufen 10-13 durchgeführt.

Die Ergebnisse korrespondieren in vielen Punkten mit jenen von Grosslight et al. (1991) und damit auch mit jenen von Terzer & Upmeier zu Belzen (2007). Beispielsweise wird der Zweck von Modellen vorwiegend als Kommunikations- und Lehr- und Lernmittel gesehen oder auch im Bereich von „changing models“ konnten ähnliche Aussagen beobachtet werden. Im Bereich der Unterscheidung zwischen Modell und Original nannten die TeilnehmerInnen wie auch bei der Untersuchung von Terzer & Upmeier zu Belzen (2007), dass sich Modelle vom Original in Farbe, Form, Größe und Material unterscheiden.

Den teilnehmenden SchülerInnen ist allerdings auch bewusst, dass Modelle in der Wissenschaft eine große Rolle spielen, „um Neues zu entdecken“ und „um immer weiter auf den Grund zu

gehen“. Für sie ist es aber nicht konkret, denn „in der Schule lernt man dann einfach nur, dass es so ist, [...] man untersucht das jetzt nicht näher“. Diese Sicht spiegelt den Einsatz der Modelle in schulischen Kontexten wider, und zeigt „dass das Potenzial von Modellen als Forschungswerkzeug kaum genutzt wird (Trier & Upmeyer zu Belzen, 2009).

Resümierend kann festgestellt werden, dass die Ergebnisse der hier dargestellten Untersuchungen im Wesentlichen korrespondieren. Betrachtet man die Vorstellungen von SchülerInnen bezüglich der nach Terzer & Upmeyer zu Belzen (2007) formulierten Levels des Modellverständnisses (siehe Tabelle 2), so kann festgehalten werden, dass Vorstellungen überwiegend einem Level 1 und bzw. oder Level 2 zuzuordnen sind. Elaborierte Vorstellungen, die einem Level 3 entsprechen, konnten nicht beobachtet werden.

Nachdem sich bei den Untersuchungen von Trier & Upmeyer zu Belzen (2009) zeigte, dass das Potenzial von Modellen als Forschungswerkzeug im Unterricht kaum genutzt wird, stellt das Wissenschafts- und Modellverständnis von Lehrenden eine entscheidende Rolle für die Entwicklung von Modellverständnis bei SchülerInnen dar.

#### Wissenschafts- und Modellverständnis bei Lehrenden

Leisner (2005) führt an, dass bei Lehrenden das Wissenschafts- und das Modellverständnis in einer gewissen Varianz ausgeprägt ist. Zum einen variiert die Sichtweise unter den Lehrpersonen (interindividuell). Zum anderen variieren Ansichten zum Wissenschaftsverständnis in seiner elaborierten Ausprägung auch von einzelnen Lehrpersonen (intraindividuell). So finden sich von den meisten Lehrpersonen Antworten, die einmal naiv-realistisch und andere epistemologisch reflektierend sind (Leisner, 2005, S. 39).

Jedoch dominiert (unbewusst) der naive Realismus, welcher ein Modellverständnis beinhaltet, dass Modelle als skalierte Abbilder der Wirklichkeit auffasst, den traditionellen Physikunterricht der Sekundarstufe I und seine Medien (Lehrbücher, Lernprogramme) (Leisner, 2005, S. 39). Die geringe Umsetzung des Lernens über die Natur der Naturwissenschaft und somit auch des Lernens über Modelle kann mit der Komplexität, der prinzipiellen Vorläufigkeit und der geringen Vertrautheit der LehrerInnen mit der Thematik begründet werden (Kircher & Dittmer, 2004, S. 4). Da die ersten beiden Gründe unveränderbare Tatsachen sind, liegt ein Ansatz in der Förderung des Modellverständnisses von Lehrkräften (Leisner, 2005). Dabei ist ein übliches Missverständnis bei Lehrenden zu beachten, dass ein „Unterricht von Modellen“ nicht dasselbe wie ein „Unterricht über und mit Modellen“ ist (ebd.). Häufig werden zwar Grenzen von Modellen und deren Entstehungsgeschichte

behandelt, wobei epistemologische Aspekte gänzlich weggelassen werden (Leisner, 2005, S. 40).

Auch Bindernagel & Eilks (2008) stellen fest, dass bei Lehrenden Defizite bei Kenntnissen über wissenschaftliche Modelle bestehen. In einer Untersuchung zur Nutzung des Modellbegriffs von erfahrenen Chemielehrkräften wird deutlich, dass Lehrpersonen ein Modellverständnis nutzen, das nicht einem elaborierten Verständnis wissenschaftlicher Modelle entspricht. Dabei wird die von Justi & Gilbert (2002) dargestellte Unterscheidung von wissenschaftlichen Modellen und Lehrmodellen verwendet. Wissenschaftliche Modelle zeichnen sich nach dieser Definition dadurch aus, dass sie eine Denkstruktur darstellen, die im Forschungsprozess zum Erklären bzw. zur Generierung neuer Hypothesen verwendet werden und deren Anspruch einer Konsensfähigkeit in der wissenschaftlichen Gemeinschaft unterliegen. Lehrmodelle hingegen besitzen einen anderen Zweck und haben andere Ansprüche. Sie dienen als Hilfe bei der Erklärung von Konsensmodellen der Wissenschaft und richten sich an Personen außerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft (Bindernagel & Eilks, 2008).

Die interviewten Lehrkräfte sehen die Rolle von Modellen überwiegend im Sinne von Lehrmodellen zur Illustration und Erklärung. Bindernagel & Eilks (2008) halten fest, dass vertiefende Gedanken und Aspekte wissenschaftlicher Modelle „fast ausschließlich nur dahingehend erwähnt [wurden], dass es in der Geschichte verschiedene Modelle gegeben habe, die unterschiedliche Erklärungsmächtigkeiten hätten“ (S. 185).

Ein elaboriertes Modellverständnis von Lehrkräften ist eine Voraussetzung dafür, dass Lehrende Unterricht gestalten können, der ein adäquates Modellverständnis bei SchülernInnen ermöglicht. Im nachfolgenden Kapitel sollen Unterrichtskonzepte behandelt werden, welche die Rolle von Modellen im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess in den Fokus rücken.

## 1.5. Unterrichtskonzepte

Obwohl sich das Lernen über Modelle als äußerst schwierig darstellt (Justi & Gilbert, 2002) werden Modelle wenig im Unterricht diskutiert (Bindernagel & Eilks, 2008). Es ist allerdings nicht zu erwarten, dass SchülerInnen ein adäquates Modellverständnis durch Vermittlung formaler Definitionen erreichen. Dafür scheint es notwendig zu sein, sie aktiv in den Modellbildungsprozess einzubinden (Justi & Gilbert, 2002, S. 51).

*„Die Diskussion über Modelle im Chemieunterricht findet nicht selten fast ausschließlich fokussiert auf submikroskopische Deutungen statt und wird auf den Bereich der historischen Abfolge verschiedener Modelle reduziert, um die Begrenztheit von Modellen zu zeigen.“*

(Bindernagel & Eilks, 2008, S. 181)

Basierend auf den Ergebnissen empirischer Studien zu SchülerInnenvorstellungen über deren Modellverständnis (siehe Kapitel **Error! Reference source not found.**), ergibt sich die Forderung nach einer veränderten Unterrichtspraxis. Trier & Upmeyer zu Belzen (2009) stellen in Ausblick, dass die wissenschaftliche Funktion von Modellen herauszuarbeiten ist, so dass SchülerInnen Modelle als Forschungswerkzeug zum Lösen eines Problems kennen lernen. Es sollen Szenarien geschaffen werden, bei denen SchülerInnen basierend auf einer Forschungsfrage ihre Modelle selbst bilden, testen und ändern können. Dabei soll der subjektive und tentative Charakter von Modellen deutlich werden (Trier & Upmeyer zu Belzen, 2009, S. 35).

In der Kombination von impliziter und expliziter Vermittlung, als ein Unterricht sowohl mit als auch über Modelle, könnte ein sinnvoller Ansatz sein, um Kompetenzen im Bereich des Modellverständnisses zu fördern (Terzer & Upmeyer zu Belzen, 2007, S. 54). Als zentralen Phase für die Entwicklung von Modellverständnis im Unterricht sieht Mikelskis-Seifert (2002) das stattfinden von Metadiskussionen über den Modellaspekt.

Ein Unterrichtskonzept von Mikelskis-Seifert (2005) für ein „Lernen über Modelle“ scheint einen effektiven Ansatz in diese Richtung zu bieten. Das Konzept für eine Auseinandersetzung mit der Modellthematik im Anfangsunterricht zeigt positive Veränderungen in den SchülerInnenvorstellungen (Mikelskis-Seifert, 2005).

Leisner-Bodenthin (2006) hat das Konzept zum „Lernen über Modelle“ von Mikelskis-Seifert (2002) aufgegriffen und für den gesamten Bereich der Sekundarstufe I erweitert. Dabei stellt Leisner-Bodenthin (2006) fest, dass durch ein Lernen über Modelle SchülerInnen ein besseres Modellverständnis und ein elaborierteres Wissen zu den Modelleigenschaften entwickeln

können, als Lernende durch traditionellen Unterricht. Als Schlüsselstelle für einen erfolgreichen Unterricht mit dem Konzept „Lernen über Modelle“ stellt sich eine wiederholende Reflexion und Diskussion der Modellbildung und Modellnutzung durch die Lernenden heraus (Mikelskis-Seifert (2002), Leisner-Bodenthin (2006)).

Leisner-Bodenthin (2006) betont, dass sich Modellkompetenz und Modellverständnis langfristig entwickeln und nicht durch exemplarisches Lernen erworben werden können. Daran schließt sich auch die Ansicht von Mikelskis-Seifert & Fischler (2003) an, die es als sinnvoll ansehen, ein Modellbewusstsein, also das Denken in und mit Modellen, bereits im Anfangsunterricht zu entwickeln und dieses durch ein durchgängiges, kontinuierliches und fächerübergreifendes Unterrichtskonzept zu fördern.

Aus den vorhandenen Konzepten, wie man einen Unterricht über Modelle für eine Förderung des Modellverständnisses konzipieren kann, liegt der Fokus meiner Ausführungen dabei auf Varianten, die eine erste Auseinandersetzung mit dem Lernen über Modelle in der Sekundarstufe I behandeln. Grund dafür ist, dass in dieser Arbeit Unterrichtsmaterial für eine Förderung des Modellverständnisses im Anfangsunterricht entwickelt wird.

Basierend auf den Lernschwierigkeiten im Umgang mit Modellen, die sich besonders offensichtlich beim Modellieren auf atomarer und subatomarer Ebene zeigen, hat Mikelskis-Seifert (2005) einen Ansatz für ein Lernen über Modelle entwickelt. Bei SchülerInnen zeigt sich als Problempunkt ein verwirrendes Modell-Realitäts-Gemisch (Mikelskis-Seifert, 2002). Als Grund dafür sieht Mikelskis-Seifert (ebd.) ein fehlendes metakonzeptuelles Wissen über Modelle. Als zentrale Idee für ein Lernen über Modelle wird daher die ausführliche Reflexion und Diskussion über Erkennbarkeit, Realität und Modellierung gesehen (ebd.). Als Grundlage dazu soll ein Bewusstsein für das Nebeneinander von der erlebten Erfahrungswelt und einer konstruierten Modellwelt aufgebaut werden. Mikelskis-Seifert (2005) beschreibt die Erfahrungswelt als die wahrnehmbare Welt, in der uns ein Phänomen zugänglich ist. Alle Wahrnehmungen, die direkt erlebt werden können wie das Sehen, das Hören, das Riechen, das Fühlen und das Schmecken zählen zur Erfahrungswelt. Die Modellwelt wird als die geschaffene Welt angesehen, die dazu dient, Phänomene zu erklären. In der Modellwelt werden Annahmen und Idealisierungen getroffen. Neben der Trennung von Erfahrungs- und Modellwelt ist das eigenständige naturwissenschaftliche Arbeiten ein essentieller Faktor für ein Lernen über Modelle. SchülerInnen soll die Möglichkeit geboten werden selbständig Ideen und Hypothesen zu bilden, Phänomene zu beobachten und Vorgänge zu beschreiben und in experimenteller

Primärerfahrung durch selbstständiges Modellieren Phänomene zu deuten (Mikelskis-Seifert, 2005).

Mit diesen zugrunde liegenden Überlegungen, hat Mikelskis-Seifert (2004) eine Konzeption für ein Lernen der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen für die Grundschule erstellt, die eine praxisbezogene Umsetzung für einen Zugang zur Modellwelt darstellt. Das Konzept basiert auf der Trennung von Erfahrungs- und Modellwelt und wird auf zwei Säulen aufgebaut: (i) Das Untersuchen von Phänomenen auf der Ebene der Erfahrungswelt. Dazu gehört das Beobachten, Beschreiben, Vergleichen und Ordnen und Messen. Hierbei geht es darum festzustellen *was* passiert. (ii) Phänomene erklären und verstehen, wobei dazu in den Naturwissenschaften Modelle verwendet werden. Hierbei geht es um das *wie* und *warum*. Die Modellwelt wird als die geschaffene Welt dargestellt „die dazu dient Phänomene zu erklären, relevante Zusammenhänge zu verstehen oder auch Dinge zu vereinfachen bzw. zu veranschaulichen.“ (Mikelskis-Seifert, 2004, S. 8)

Als zentrale Tätigkeiten dazu stellt Mikelskis-Seifert (2004) das „Vereinfachen und Auswählen“, das „Untersuchen und Bauen“, das „Vermuten und Annehmen“ und das „Erklären und Verstehen“ dar.

Zum Thema „Vereinfachen und Auswählen“ werden ausgehend von der Frage „Was sind Modelle?“ zunächst Alltagsmodelle wie ein Puppenhaus oder ein Spielzeugauto herangezogen, um die Begriffe Modell und Original vom Modell zu behandeln. Weiters wird erläutert, dass diese Modelle sich zum Original unterscheiden und sie „nur“ in bestimmten Merkmalen übereinstimmen. Modelle stellen demnach eine Vereinfachung des Originals dar. Im nächsten Schritt werden gegenständliche Modelle im wissenschaftlichen Bereich wie der Globus oder ein Modellskelett behandelt.

Der Unterschied zwischen wissenschaftlichen Modellen und Alltagsmodellen liegt darin, dass im Gegensatz zu Alltagsmodellen das Original bei wissenschaftlichen Modellen nicht direkt (in seiner Gänze) wahrnehmbar ist. Sobald Dinge zu groß (astronomischer Bereich) oder zu klein (submikroskopischer Bereich) werden, fällt es uns Menschen schwer bzw. ist es unmöglich, dies zu fassen bzw. zu erkennen (Mikelskis-Seifert, Thiele, & Wünscher, 2005, S. 30).

An dieser Stelle wird betont, dass wissenschaftliche Modelle für einen bestimmten Zweck erbaut wurden. Dabei wird das Veranschaulichen und Erklären des Originals hervorgehoben.

Um der Frage „Wie wird Unbekanntes in den Naturwissenschaften erforscht?“ auf den Grund zu gehen, wird das „Vermuten und Annehmen“ thematisiert. Dabei wird erläutert, dass man beim Erforschen der Natur interessante Phänomene beobachten kann die man jedoch nicht

sofort verstehen wird, da sich Details unserer Wahrnehmung verschließen. Wenn man also an die Grenzen der direkten Wahrnehmung stößt, wird das Erstellen eines Denkmodells zum Erklären und Erkenntnisgewinnen als Arbeitsweise der Naturwissenschaften vorgestellt. Als methodisches Werkzeug zur Thematisierung eines Denkmodells wird eine sogenannte Black-Box verwendet. Eine Black-Box ist eine geschwärzte Box, in die man nicht hineinschauen kann. SchülerInnen sollen den Grundriss des Innenaufbaus dieser Box zeichnen. Da diese Information nicht durch das Sehen erlangt werden kann, muss diese durch Geräusche gewonnen werden. Die Geräusche werden beim Schütteln der Black-Box durch eine rollende Kugel, die auf eingeklebte Innenwände trifft, verursacht.

Die weitere Vorgehensweise in diesem Unterrichtsgang ist das konkrete Untersuchen von Phänomenen und die Einführung des zur Erklärung des Phänomens notwendigen Teilchenmodells. Als letzter Schritt wird das Experimentieren behandelt, das „das im Mittelpunkt der Erfahrungswelt stehende Phänomen mit dessen Beschreibung in der Modellwelt“ (Mikelskis-Seifert, 2004, S. 39) verbindet.

Auch für den Bereich der Sekundarstufe I stellt Mikelskis-Seifert (2005) einen Unterrichtsgang zum Lernen über Modelle mit Hinblick auf die Einführung des Teilchenmodells dar. Der konkrete Ablauf kann in vier Stufen unterteilt werden:

1. Einführung in die Modellproblematik

In einer Einführung soll eine Sensibilisierung für den Modellbegriff durch das Arbeiten mit gegenständlichen Alltagsmodellen erzielt werden. Da SchülerInnen mit dem Modellbegriff zunächst hauptsächlich gegenständliche Modelle verbinden, können sie dadurch bei ihren Vorstellungen abgeholt werden (Mikelskis-Seifert, 2010). Das Ziel dieser Phase ist, dass SchülerInnen erkennen, dass man sich mit einem Modell ein Original veranschaulichen und Erklärungen finden kann. Außerdem soll erkannt werden, dass Modelle gebaut werden, um einen bestimmten Zweck zu erfüllen und dass Modelle weder richtig noch falsch, sondern zweckmäßig oder nicht zweckmäßig sind.

2. Übergang in die modellierenden Bereiche

Lernenden soll aufgezeigt werden, warum in den Naturwissenschaften Modelle zur Erklärung eingesetzt werden. Dabei sollen die Grenzen der direkten Wahrnehmung erfahren werden. Als Beispiel bietet sich eine Black-Box an. SchülerInnen werden aufgefordert, den Inhalt verschiedener Black-Boxen vorherzusagen, wobei ihnen der hypothetische Charakter von Modellen aufgezeigt werden soll.

Im Anschluss bietet sich die Einführung von Erfahrungswelt und Modellwelt an. In einem Experiment, in dem SchülerInnen die Brownsche Molekularbewegung beobachten und zu deuten versuchen, wird die Modellwelt definiert. Dabei soll hervorgehoben werden, dass der Schritt von der Erfahrungswelt in die Modellwelt eine (vorläufige) Erklärung bietet. So soll am Ende dieser Phase ein erstes Teilchenmodell konstruiert bzw. postuliert werden.

### 3. Experimentieren und Modellieren

Nach der Einführung des Teilchenmodells wird dieses zur Erklärung von naturwissenschaftlichen Phänomenen wie dem Verdunsten, der Diffusion, der Kristallisation und der Volumenzunahme bei Erwärmung verwendet und erweitert. Zu jedem Phänomen können die SchülerInnen mehrere Versuche durchführen, wobei sie durch Modellieren zu einem Ergebnis kommen.

### 4. Reflektieren

In der Reflexionsphase soll über den Modellbildungsprozess reflektiert und diskutiert werden. Weiters soll das Teilchenmodell zur Erklärung der Aggregatzustände angewandt werden. SchülerInnen lernen in diesem Prozess „zum ersten Mal Teilchen kennen, die von anderer Natur sind, so dass Modellannahmen notwendig werden, um sie beschreiben und deuten zu können“ (Mikelskis-Seifert, 2005, S. 5). Daher sollen in dieser Phase Fragen wie die folgenden besprochen werden: Was verbindet ihr mit dem Teilchenbegriff? Was versteht ihr unter Teilchenmodellen? Wie sind Teilchenmodelle beschaffen? Wie kommt man zu den Teilchenmodellen?

Diese vier Phasen sind auch in dem von Mikelskis-Seifert (2004) oben beschriebenen Unterrichtsgang für die Grundschule zu finden, wobei für den Bereich der Sekundarstufe I die Phase der Reflexion ausführlicher beschrieben wird. Es wird betont, dass eine Notwendigkeit herrscht, die Reflexionsphase kontinuierlich im Unterricht zu thematisieren (Mikelskis-Seifert, 2005)).

Der theoretische Ansatz von Mikelskis-Seifert (2002) zum Lernen über Modelle, bezogen auf die Entwicklung von Metakzepten zur Teilchenvorstellung, wird von Leisner (2005) aufgegriffen und zu einer Konzeption zum Lernen über Modelle für die gesamte Sekundarstufe I für den Physikunterricht erweitert. Diese Konzeption berücksichtigt den Begriff der Modellkompetenz von Leisner (2005), der bereits in Kapitel 1.2 beschrieben wurde.

Die zentrale Rolle der Reflexion und Diskussion über die Modellbildung wird auf ein elaborierteres Niveau geführt. Dabei werden wissenschafts- und erkenntnistheoretische Aspekte mittels konkreter Fragen diskutiert, wie: Was ist ein Modell? Was ist kein Modell? Was ist real und welche Rolle spielt dabei die Wahrnehmung? Wie können mithilfe der Modellbildung Erkenntnisse über die Realität gewonnen werden? (Leisner-Bodenthin, 2006, S. 92).

In Anlehnung an den oben beschriebenen Konzept von Mikelskis-Seifert (2005), basiert auch jenes von (Leisner-Bodenthin, 2006) auf der Trennung von Erfahrungs- und Modellwelt, wobei Denkmodelle mit ihren hypothetischen und zweckmäßigen Charakteristika in den Fokus rücken (entspricht Stufe 1 „Einführung in die Modellproblematik“ und 2 „Übergang in die modellierende Bereiche“ nach Mikelskis-Seifert (2005)). Das Erstellen, Anwenden, Reflektieren und Diskutieren von Modellen und Modellverständnis, das Stufe 3 „Experimentieren und Modellieren“ und Stufe 4 „Reflektieren“ von Mikelskis-Seifert (2005) entspricht, wird von Leisner-Bodenthin (2006) vom Bezug auf das Teilchenmodell gelöst und für weitere Themenbereiche verallgemeinert. Dazu stellt Leisner-Bodenthin (2006) die „Modellmethode“ dar, die sich in vier Stufen gliedern lässt:

1. Beobachtung eines Phänomens.

Dabei soll eine Vertrautheit mit der Erkenntnis erlangt werden, dass die direkte Beobachtung des Originals zu keiner Erklärung des Phänomens führt.

2. Modellentwicklung bzw. Modellauswahl.

Dabei soll ein Lernen über Modelleigenschaften (deklaratives Wissen) stattfinden, wobei dies mit dem zu entwickelnden Modellverständnis verknüpft ist. Beim Festlegen der Eigenschaften des Modells, die für eine Erklärung eines gegenwärtigen Phänomens notwendig sind, wird die Rolle des Modellkonstruktors verdeutlicht. Die Modelleigenschaften werden vor dem Hintergrund der Einfachheit und Anschaulichkeit diskutiert. Ein postuliertes Modell wird erst dann in seinen Eigenschaften erweitert oder verändert, wenn ein neues Phänomen dies verlangt.

3. Modellanwendung.

Beantworten der Frage beziehungsweise Lösen des Problems durch die Anwendung des Modells bzw. des Modellverständnisses und der Modelleigenschaften. Dieser Schritt wird dem prozeduralen Wissen zugeordnet.

4. Reflexion der Modellnutzung bzw. der Modellmethode.

Zweckmäßigkeit und Erklärungswert des Modells prüfen. (Leisner-Bodenthin, 2006)

In traditionellem Unterricht werden zwar häufig die Stufe 2 (Phase der Modellentwicklung) und 3 (Phase der Modellanwendung) betont, allerdings sollte insbesondere den Stufen 1 (Beobachtung eines Phänomens und Entwicklung einer Fragestellung) und 4 (Reflexion der Modellmethode) ausreichend Zeit eingeräumt werden, um die epistemologischen Aspekte zu stärken (Leisner-Bodenthin, 2006, S. 98).

Leisner-Bodenthin (2006) betont, dass ein selbstständiges Modellieren der Lernenden von der Lehrperson gut vorbereitet und adäquat im Unterricht eingebettet sein muss.

*„Es ist nicht zu erwarten, dass die Schüler/innen tragfähige Modelle völlig allein entwerfen. Aber das Modellieren an einfachen Beispielen bei klar formulierten Aufgabenstellungen kann den Lernenden beispielhaft Anforderungen, wie Kreativität und Intuition beim Modellieren bewusst machen und so das Modellverständnis fördern.“*

(Leisner-Bodenthin, 2006, S. 98f)

Ein wichtiger Teil dieses Prozesses ist herauszuarbeiten, dass die „direkte“ Beobachtung und die Modelle auf unterschiedlichen Realitätsebenen liegen. Die zentrale Idee der Trennung von Erfahrungswelt und Modellwelt soll im weiteren Unterrichtsverlauf stets angewandt werden, indem bei Behandlung eines Phänomens und eines zugehörigen Modells Informationen auf Ebene der Erfahrungs- und Modellwelt betrachtet werden. Wird die Modellmethode eingesetzt, um eine Erklärung für ein Phänomen zu finden, so soll das Wechselspiel von Annahmen und Hypothesen (der Modellwelt) und dem Experimentieren (der Erfahrungswelt) vergegenwärtigt werden (Leisner-Bodenthin, 2006, S. 97).

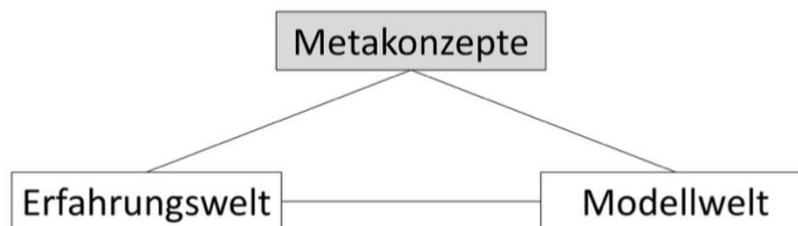


Abbildung 4: Grundidee eines Unterrichts über Modelle nach Mikelskis-Seifert (2002)

Durch die ausführliche Betrachtung in der Erfahrungs- und der Modellwelt und dem Vergleichen von Gemeinsamkeiten und Unterschieden, findet eine metakonzepetuelle Reflexion statt. Dieser Zusammenhang ist in Abbildung 4 schematisch dargestellt.

Metakonzepetuelles Wissen über Modelle (und der Natur der Naturwissenschaft) stellt die Grundidee für einen Unterricht über Modelle dar (Mikelskis-Seifert, 2002).

Unterrichtskonzepte für den Anfangsunterricht zum Lernen über Modelle in der thematischen Einbindung zum Teilchenmodell liegen sowohl für die Grundschule (Mikelskis-Seifert, 2004) als auch für den Bereich der Sekundarstufe I (Mikelskis-Seifert, 2005) vor. Durch das Konzept von (Leisner-Bodenthin, 2006) existiert ein allgemeiner Ansatz zur Förderung von Modellverständnis.

Diese Ansätze liefern auf sowohl auf sachinhaltlicher als auch auf struktureller Ebene einen wichtigen Beitrag für die Materialentwicklung, die in dieser Arbeit geleistet wird. Im nächsten Kapitel sollen nun Aspekte der Materialgestaltung betrachtet werden, die sich auf die Themenbereiche des Lernens und der Gestaltung von Lernsituationen beziehen.

## 2. Materialgestaltung

Wenn Unterrichtsmaterial gestaltet werden soll, soll dieses den Lernprozess bei Lernenden möglichst gut fördern. Dabei stellen sich einige Fragen: (i) Was bedeutet Lernen bzw. welcher lerntheoretische Position soll als Basis herangezogen werden? (ii) Wo kann Lernen stattfinden bzw. welche Unterrichtsform bietet einen Rahmen für lernförderliche Prozesse? (iii) Wie kann Unterrichtsmaterial gestaltet werden bzw. welche Aspekte sind für die Gestaltung von Unterrichtsmaterial relevant und förderlich?

Betrachtet man diese drei Fragestellungen, wird ersichtlich, dass sie auf unterschiedliche Ebenen von Unterricht abzielen. Eine Lerntheorie ist die Basis für jegliche Lehr- und Lernaktivitäten. Das zu entwickelnde Unterrichtsmaterial selbst wird in einem bestimmten Setting angewandt. Dieses Setting wird durch den Unterrichtsrahmen beschrieben, der damit eine übergeordnete Ebene zum Material darstellt. Im folgenden Kapitel soll auf diesen drei Ebenen Aspekte thematisiert werden, die Relevanz für die Materialgestaltung besitzen. Somit wird eine Grundlage für den Entwicklungsprozess von Unterrichtsmaterial geschaffen.

### 2.1. Lerntheoretische Position

Auf der Suche nach einer Antwort auf die Frage „Was ist lernen?“ gibt es nicht die eine Antwort. Lernen ist ein höchst komplexer Prozess, der überaus vielschichtig ist. Jeder Lernprozess startet mit irgendeiner Form von Wahrnehmung. Alleine durch die Vielfalt an ontologischen und epistemologischen Ansätzen wird klar, dass es nicht eine alleinige Theorie gibt, die das Was wir in unserer Umwelt und das Wie wir unsere Umwelt wahrnehmen, zufriedenstellend beschreiben kann.

Zu den philosophischen Aspekten kommen Forschungserkenntnisse aus der Psychologie, der Neurobiologie und der Gehirnforschung hinzu, die das Verständnis von Lernen und Lernprozessen im Laufe der Zeit verändern. Lerntheorien bewegen sich demzufolge immer im wissenschaftlichen dominierenden Zeitgeist (Reinmann, 2015, S. 132). Somit prägt die jeweils vorherrschende oder auch präferierte Lerntheorie die Lernauffassung (bzw. auch die Lehrauffassung) von DidaktikerInnen (Reinmann, 2015, S. 132). Folglich entwickelten sich in der Vergangenheit unterschiedliche Lerntheorien, wobei drei Vertreter hervorzuheben sind: *Behaviorismus*, *Kognitivismus* und *Konstruktivismus*.

In dieser Diplomarbeit wird eine konstruktivistische Sichtweise als lerntheoretische Basis für die Entwicklung des Unterrichtsmaterials verwendet. Um dies zu begründen und um Konsequenzen aufzuzeigen, welche sich daraus für die Materialgestaltung ergeben, sollen nun Antworten auf folgende Fragen dargestellt werden: Was wird unter einer konstruktivistischen Sichtweise verstanden? Warum wird diese als Basis für die Entwicklung von Unterrichtsmaterial herangezogen? Welche Auswirkungen ergeben sich aus konstruktivistischer Sichtweise auf die Gestaltung von Unterrichtsmaterial?

Konstruktivismus:

Seit Ende der 1970er Jahre haben sich konstruktivistische Sichtweisen entwickelt und etabliert, welche die gegenwärtige Sicht des Lernbegriffs, insbesondere in der naturwissenschaftlichen Didaktik, prägen (Widodo & Duit, 2004, S. 234). Lernen wird als aktiver Konstruktionsprozess eines Individuums verstanden. Es ist ein aktiver, selbstgesteuerter und selbstreflektierender Prozess, der immer in einem bestimmten sozialen Kontext stattfindet (Duit, 1995, S. 905).

Ein grundsätzlicher Unterschied vom Konstruktivismus zu Behaviorismus und Kognitivismus liegt in der ontogenetischen und epistemologischen Perspektive. Ein Individuum bildet nicht die Wirklichkeit passiv ab (wie im Behaviorismus und Kognitivismus angenommen), sondern konstruiert sie in einem aktiven Erkenntnisprozess (Müller, 2009, S. 16). Welches Wissen bei jedem Individuum konstruiert wird, hängt davon ab, was das Individuum wahrnimmt und erlebt. Diese Konstruktion der Wirklichkeit wird im Konstruktivismus verschieden ausgelegt. Dadurch entwickelten sich unterschiedliche Ausprägungen, der radikale Konstruktivismus (Glaserfeld, 1993) und der moderate Konstruktivismus (z.B. (Gerstenmaier & Mandl, 1995)). In beiden Fällen wird die Konstruktion der Wirklichkeit als individueller Vorgang betrachtet (was in diesem Fall als radikale Sichtweise gegenüber einer realistischen Sichtweise angesehen wird). Was den moderaten vom radikalen Konstruktivismus allerdings unterscheidet, ist, dass im moderaten Konstruktivismus davon ausgegangen wird, dass „die individuellen und die sozial geteilten Konstruktionsprozesse sehr engen Regeln der Nützlichkeit und Brauchbarkeit der Konstruktionen gehorchen, so dass man in kommunikativen Abstimmungsprozessen und in der Auseinandersetzung mit dem zu erarbeitenden Inhalt zu einer gemeinsam geteilten Realität gelangen kann.“ (Prediger, et al., 2013, S. 10).

Bereits im Laufe der 1990er Jahre haben sich Varianten eines moderaten Konstruktivismus im Bereich der naturwissenschaftlichen Didaktiken durchgesetzt und dienen bis heute als vorherrschendes Paradigma (Widodo & Duit, 2004, S. 234).

Konstruktivismus als geeignete Lerntheorie

Bereits Mitte der 1990er kamen Didaktiker zum Schluss, dass die konstruktivistische Sichtweise sich als fruchtbar und flexibel in der naturwissenschaftlichen Lehr- und Lernforschung erwiesen haben (Duit, 1995, S. 905).

Widodo & Duit (2004) beschreiben, dass konstruktivistische Ansätze in der naturwissenschaftlichen Didaktik sich darum bemühen, Unterricht an den Lernfähigkeiten, den Interessen und Bedürfnissen von SchülerInnen zu orientieren. Unter Bedürfnissen werden dabei Zielbereiche verstanden, die in Ansätzen von „scientific literacy“ betont werden, wie dem Verstehen der Welt und der Partizipation an gesellschaftlichen Entscheidungen über Aspekte, zu denen naturwissenschaftliches Wissen eine Orientierung liefert. Deshalb liegt der Fokus nicht nur auf die Entwicklung von naturwissenschaftlichen Konzepten, sondern auf dem Prozess, wie naturwissenschaftliche Erkenntnisse zustande kommen. Diese Denk- und Arbeitsweisen entsprechen Aspekten von „Nature of Science“ (Widodo & Duit, 2004, S. 234). Da das im Rahmen dieser Diplomarbeit entwickelte Unterrichtsmaterial Lehrziele verfolgt, die der Erschließung der Welt, der Erkenntnisfindung und der Bedeutung von Erkenntnissen entspricht, kann eine konstruktivistische Sichtweise als grundlegende Lerntheorie als angemessen betrachtet werden.

Konsequenzen für die Gestaltung von Unterricht bzw. Unterrichtsmaterial

Aus konstruktivistischer Sichtweise spielt die Situation, in der sich ein Mensch befindet eine große Rolle (Müller, 2009, S. 16). Dabei wird dem Vorwissen von Lernenden eine große Bedeutung zugeschrieben. Weiters sind Faktoren wie Emotion, körperliche Zustände, situiertes Handeln in der Lebensumwelt und die Interaktion im sozialen Raum von Bedeutung (Müller, 2009, S. 15). Dies bringt ein Verständnis von geeigneten Lernumgebungen hervor, in denen Lehrende weniger steuernd und kontrollierend agieren, sondern vielmehr Lernende anleiten, sich aktiv Wissen zu erarbeiten (Thissen, 1997).

Nach Hartinger, Kleickmann & Hawelka (2006, S. 111) entspricht Unterricht einer konstruktivistischen Vorstellung nach Gerstenmaier & Mandl (1995), wenn Folgendes berücksichtigt wird: Einbettung von Inhalten in sinnvolle Kontexte, Motivation und Interesse der Lernenden, Raum für eigene Erfahrungen, Deutungen und Entdeckungen, Mitbestimmung und Mitgestaltung der Lernumgebung, Diskurse unter Lernenden und Anregung zum kritischen Denken, individuelle Lösungen und Denkwege und weitestgehend Verzicht auf inhaltliche Erklärungen sowie Übertragung des Gelernten.

Dubs (1995) stellt im Vergleich zu Haringer, Kleickmann & Hawelka (2006) ergänzend die Selbstregulierung des Lernprozesses (metakognitive Prozesse) und Gefühle, wie etwa der Umgang mit Freude und Ängsten, als wichtig dar.

Inbesondere die Bedeutung der individuellen Lernwege ist ein Merkmal, dass ein konstruktivistisch geprägter Unterricht mit einer Öffnung des Unterrichts – im Sinne von Freiräumen, um über Inhalte und Form der Bearbeitung mit zu entscheiden – einhergeht (Hartinger, Kleickmann, & Hawelka, 2006, S. 111).

## 2.2. Unterrichtsrahmen

Das zu entwickelnde Unterrichtsmaterial findet in einem Unterrichtsrahmen statt, den man als eine Form des offenen Unterrichts bezeichnen kann. In diesem Kapitel soll diese Lehr-Lern-Situation näher beleuchtet werden, um eine genaue Vorstellung davon zu bekommen, was mit der Begriffsbezeichnung „Offen“ gemeint ist, wie sich diese Öffnung äußert und welche Aspekte davon bei der Gestaltung des Unterrichtsmaterials zu berücksichtigen sind.

### Offener Unterricht

Auf der Suche nach einer Definition für Offenen Unterricht stößt man auf eine Vielzahl unterschiedlicher Ansätze. Dies liegt daran, dass Offener Unterricht lediglich als ein facettenreicher Handlungsrahmen beschrieben wird, der in seinen inhaltlichen, methodischen und organisatorischen Aspekten vielfältig ausgeprägt sein kann (Reiß & Werner, 2015). Demnach stellt Offener Unterricht ein breites Spektrum dar, dessen Ausprägungen sich in organisatorischen, methodischen, inhaltlichen, sozialen und persönlichen Dimensionen äußern (Peschel, 2002).

Die Entwicklung von Offenem Unterricht fand in den 1970er Jahren als Alternative zu Frontalunterricht statt, wobei das außer Acht lassen von Lehrzielen wie Selbstständigkeit, Eigenaktivität, Kreativität und soziale Komponenten, sowie die dominante Rolle der Lehrperson zu den zentralen Kritikpunkten am traditionellen Frontalunterricht zählten (Reiß & Werner, 2015). Als Kernstück offenen Unterrichts sieht Bönsch (1991) die im Unterricht ablaufende Kommunikation, bei der die Symmetrie von Bedeutung ist. Darunter kann die Übereinstimmung zwischen Absichten, Bedürfnissen, Interessen, Kompetenzen von Lehrenden und von Lernenden unter Berücksichtigung einzuhaltender Normen, Spielregeln, Verpflichtungen und den zu übernehmenden Aufgaben angesehen werden (Kron, 1994). Als

Zielsetzung werden Autonomie, Selbstbestimmung, Selbstverwirklichung, die Förderung der Selbstständigkeit in der Auseinandersetzung mit der Umwelt, Selbstinitiative und Selbstverantwortung, die Entwicklung der Kritikfähigkeit, Kreativität sowie die Fähigkeit zum undogmatischen Denken gesehen (Reiß & Werner, 2015).

Peschel (2002) sieht als das Wesentliche beim Offenen Unterricht, dass das Denken vom Lernenden ausgehe. Daher stellt er als Forderung, dass Lehrende Lernende selbst arbeiten lassen, sie als Individuum sehen und annehmen, ihre Selbstständigkeit nicht einschränken und ihnen ehrliches und offensichtliches Vertrauen schenken (Peschel, 2002).

Explizite Charakteristika und Merkmale, die Offenen Unterricht erkennbar machen, werden von Wallrabenstein (1994) formuliert. Dazu zählen unter anderem:

- *Lernumwelt*: anregende Lernumwelt im Werkstattcharakter;
- *Lernorganisation*: freie und flexible Lernorganisation mit wenig Frontalphasen;
- *Lernmethoden*: kreative, selbsttätige Lernmethoden; entdeckendes Lernen;
- *Lerntätigkeiten*: praktische Arbeiten, herstellen, untersuchen, experimentieren, Informationen beschaffen, dokumentieren, freie Texte schreiben, abstimmen über gemeinsame Vorgaben, vor der Klasse erzählen; (Wallrabenstein, 1994)

Die angeführten Erläuterungen zu Offenem Unterricht, insbesondere hinsichtlich der Selbsttätigkeit und der Berücksichtigung sozialer Aspekte, lassen erkennen, dass sich konstruktivistische Sichtweisen als Grundlage für offene Unterrichtsformen eignen und daher auch als solche verstanden werden (Reiß & Werner, 2015).

Konsequenzen für die Gestaltung von Unterrichtsmaterial

Für die Gestaltung von Aufgaben im Rahmen eines Offenen Unterrichts ergeben sich nach den bisherigen Ausführungen einige zu berücksichtigende Aspekte. Dazu zählen, dass Aufgaben anregendes Unterrichtsmaterial beinhalten, das selbstständigen Denken und Handeln bewirken und kreative Arbeitsprozesse sowie das Untersuchen, Entdecken und Kreieren fördern.

Im folgenden Kapitel sollen weitere Aspekte, die für die konkrete Gestaltung, also die Umsetzung, von Unterrichtsmaterial relevant sind behandelt werden.

## 2.3. Materialgestaltung

Nachdem in Kapitel 2.1 zum Thema Lernen grundlegende Implikationen für Lernprozesse und in Kapitel 2.2 durch den Rahmen von Offenem Unterricht übergeordnete Folgerungen für die Gestaltung von Unterrichtsmaterial thematisiert wurden, soll nun die konkrete Ebene des Materials selbst behandelt werden. Im Fokus der Betrachtung soll den Fragen nachgegangen werden, welche Aspekte auf Lernprozesse einen Einfluss haben und wie man diese auf möglichst förderliche Weise bei der Materialgestaltung berücksichtigen kann. Dazu werden zunächst Faktoren behandelt, die Einfluss auf den Lernprozess haben und anschließend werden Designprinzipien thematisiert.

### 2.3.1. Das Lernen beeinflussende Faktoren

#### 2.3.1.1. Gedächtnis

Damit Situationen, in denen Lernprozesse stattfinden sollen, möglichst förderlich diesbezüglich gestaltet werden können, ist es hilfreich, ein Verständnis zu den einzelnen Schritten dieses Prozesses zu haben. Als Grundlage dazu können Gedächtnismodelle eine Beschreibung für den Ablauf von Informationsverarbeitungsprozessen liefern. Zu diesem Zweck soll das *Information-Processing-Model* von Johnstone (1997) (siehe Abbildung 5) dargestellt werden.

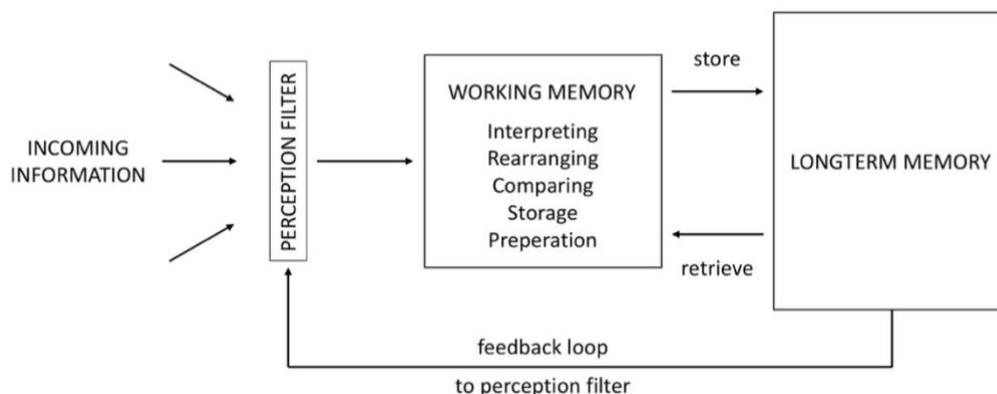


Abbildung 5: Vereinfachte Darstellung des Information-Processing-Modells nach (Johnstone, 1997)

Nach dem Informations-Verarbeitungs-Modell von Johnstone (1997) werden aufgenommene Sinneswahrnehmungen (*incoming information*) zunächst durch einen Wahrnehmungsfilter (*perception filter*) auf ihre aktuelle Bedeutung hin sortiert. Die Filterfunktion geht vom Langzeitgedächtnis aus und stellt eine Rückkopplungsschleife (*feedback loop*) dar. Eine Auswahl der Informationen, die den Wahrnehmungsfilter passieren gelangt in das Arbeitsgedächtnis (*working memory*). Im Arbeitsgedächtnis werden Informationen mit dem Vorwissen, das im Langzeitgedächtnis (*longterm memory*) gespeichert ist, verglichen bzw. abgeglichen (*retrieving*) und entsprechend gespeichert. Dieser Vorgang macht das

Arbeitsgedächtnis zu einem aktiven Speicherort, der das Verarbeiten neuer Informationen bewerkstelligt. Schließlich werden Informationen in das Langzeitgedächtnis übertragen (*store*) (Johnstone, 1997).

Die hier dargebotene Darstellung dieses Modells ist stark vereinfacht, wobei dies durch den Zweck, der in dieser Arbeit verfolgt wird, begründet werden kann. Das Ziel ist hervorzuheben, dass die menschliche Wahrnehmung höchst individuell und von persönlichen Vorkenntnissen und Erfahrungen abhängig ist. Dies stellt einerseits einen Bezug zur konstruktivistischen Lerntheorie und andererseits eine Grundlage für lernbeeinflussende Faktoren wie der Aufmerksamkeit dar.

#### 2.3.1.2. Aufmerksamkeit

Für die bewusste Wahrnehmung spielt die Aufmerksamkeit eine zentrale Rolle (Walter, 2006). Sie stellt gewissermaßen die Voraussetzung für Lernprozesse dar (Spitzer, 2006).

Bei dem Begriff Aufmerksamkeit kann man zwischen zwei Ausprägungen unterscheiden, der Vigilanz und der selektiven Aufmerksamkeit. Vigilanz ist der allgemeine Wachheitszustand eines Individuums (Müller, 2009, S. 29). Die Steuerung des Grads dieser allgemeinen Wachsamkeit liegt außerhalb unseres Bewusstseins und findet nicht willentlich statt (Walter, 2006). Demgegenüber steht die selektive Aufmerksamkeit, die auch als ausgerichtete Aufmerksamkeit bezeichnet werden kann. Diese steuert die „Stärke der neuronalen Aktivität bei der Verarbeitung der eintreffenden sensorischen Signale.“ (Müller, 2009, S. 30). Außerdem hat sie einen räumlich gerichteten Aspekt inne, der von Müller (2009) durch den Vergleich eines Spotlights beschrieben wird:

„Angenommen es ist relativ dunkel in einem Raum und man möchte mit einer kleinen Taschenlampe ein großes Gemälde betrachten. Dann kann man immer nur einen bestimmten Bildausschnitt ausleuchten, der Rest des Bildes liegt im Dunkeln und ist kaum zu erkennen. Eine ähnliche Wirkung hat die selektive Aufmerksamkeit auf unsere Wahrnehmung.“

(Müller, 2009, S. 29f)

Die selektive Aufmerksamkeit kann durch Faktoren wie der Motivation und Interesse sowie der Art der Gestaltung von Unterrichtsmaterial gefördert werden. Diese Zusammenhänge werden in den nachfolgenden Kapiteln noch näher erläutert. Als Konsequenz für die Materialgestaltung kann festgehalten werden, dass die Erfolgchance auf gelingende Lernprozesse um so größer ist, je stärker die selektive Aufmerksamkeit auf eintreffende Informationen gerichtet wird (Müller, 2009, S. 30).

#### 2.3.1.3. Emotion

Emotionen können in ihrer Erscheinungsform sehr vielfältig sein (Zandl, 2011). Dabei lassen sie sich in verschiedene Dimensionen unterscheiden. In ihrer Stärke, wobei sie stark bis schwach ausgeprägt sein können, und in ihrer Valenz, dies bedeutet eine Ausprägung von positiv bis negativ (Spitzer, 2006). Nach Izard (1994) zählt zum Begriff der Emotion, dass diese erlebt oder bewusst als Gefühl empfunden wird, dass sich dabei Prozesse im Gehirn und im Nervensystem abspielen und dass sie durch einen beobachtbaren Ausdruck zum Vorschein kommen. Die Lernförderlichkeit von Emotionen beruht darauf, dass beim Lernen Inhalte mit der Situation bzw. der assoziierten Emotionen abgespeichert und beim Erinnern gemeinsam abgerufen werden (Spitzer, 2006). Müller (2009) stellt fest, dass Inhalte, die mit Emotionen besetzt sind, besser gelernt werden. Dies gilt grundsätzlich sowohl für positive als auch für negative Emotionen (Müller, 2009, S. 33). Insgesamt haben allerdings positive Emotionen eine bessere Auswirkung auf das Lernen (Spitzer, 2006). Zwar entzieht sich die Steuerung von Emotionen der bewussten Kontrolle, allerdings können sie durch eine emotionsauslösende Präsentation von Inhalten beeinflusst werden (Spitzer, 2006). Als Konsequenz für die Materialentwicklung ergibt sich, dass Inhalte einen förderlichen Aspekt auf den Lernprozess darstellen, die so gestaltet sind, dass sie weitestgehend positive Emotionen auslösen (Müller, 2009).

#### 2.3.1.4. Motivation

Im Gegensatz zur Emotion ist Motivation nicht unmittelbar wahrnehmbar und kann nur über Anzeichen erschlossen werden (Niegmann, et al., 2008, S. 360). Zimbardo & Gerrig (2004) verstehen unter Motivation einen „allgemeinen Begriff für alle Prozesse, die der Initiierung, die der Richtungsgebung und der Aufrechterhaltung physischer und psychischer Aktivitäten dienen.“ (S. 503) Damit soll die Aktivierung, Richtung und Ausdauer von Verhalten erklärt werden. Die Aktivierungskomponente wird auch von Rheinberg (2006) für eine Begriffsklärung verwendet, indem Motivation als „aktivierende [...] Ausrichtung des momentanen Lebensvollzugs auf einen positiv bewerteten Zielzustand“ (S. 15) definiert wird. In diesem Zusammenhang wirkt Motivation wie ein Katalysator auf den Lernprozess. Die subjektive Empfindung, dass einem im Zustand hoher Motivation Dinge leichter fallen, ist mit der Analogie des Energieverlaufs einer chemischen Reaktion zu vergleichen, bei der die Aktivierungsenergie gesenkt wird. Dieses Gefühl lässt sich aus psychologischer Sicht dadurch beschreiben, dass durch Motivation die Aufmerksamkeit – sowohl der allgemeine Wachheitszustand als auch die ausgerichtete Aufmerksamkeit – steigt (Müller, 2009, S. 34).

Im Rahmen von Lehr-Lern-Situationen kann dem Aspekt der Motivation eine wichtige Rolle für die Gestaltung von Unterrichtsmaterial zugeschrieben werden. Insbesondere, wenn das zu entwickelnde Lernmaterial weitestgehend eine selbstständige Bearbeitung verlangt. Zum einen spielt dabei die Motivation von Lernenden eine Rolle. Andererseits sind auch die entwickelnden Personen von Lernmaterial gefordert, motivierende Lernsituationen zu gestalten (Niegmann, et al., 2008, S. 369). Dieses Ziel kann durch Aspekte von Motivationsdesign erreicht werden. Ein Modell aus diesem Bereich ist das ARCS-Modell, das von Keller (1983) erstellt und im Laufe der Jahre weiterentwickelt wurde. Der Name des ARCS-Modells setzt sich aus den Anfangsbuchstaben der vier Hauptkategorien Aufmerksamkeit (*Attention*), Relevanz (*Relevance*), Erfolgszuversicht (*Confidence*) und Zufriedenheit (*Satisfaction*) zusammen. Zu diesen vier Hauptkategorien wurden Unterkategorien entwickelt, die motivationsfördernde Maßnahmen für die Erstellung von Lernmaterial darstellen. Hier soll nun eine Auswahl an Aspekten aus dem ARCS-Modell (Keller, 2010) ausgeführt werden, die im Rahmen dieser Diplomarbeit relevant sind:

#### Aufmerksamkeit (*Attention*):

- Neugier bzw. von Fragehaltung anregen (*inquiry arousal*):  
Aufgaben, bei denen Lernende mit Fragen oder zu lösenden Problemen konfrontiert werden, sollen ein motivationsförderndes Verhalten erzielen.
- Abwechslung (*variability*):  
Um Lerninteresse aufrechtzuerhalten, wird eine Abwechslung von Lehr-Lern-Instrumenten empfohlen.

#### Relevanz (*Relevance*):

- Vertrautheit (*familiarity*):  
Einerseits haben unerwartete Situationen auf Menschen einen Effekt, der sich positiv auf deren Aufmerksamkeit und Neugierde auswirkt. Andererseits neigen sie auch dazu Interesse an neuen Inhalten zu zeigen, die an ihren Vorerfahrungen anknüpfen. Mit Bezug zu Lernmaterial lässt sich daraus schließen, dass dieses Bezüge zu vorherrschenden Erfahrungen von Lernenden aufweisen soll. Diese Vertrautheit kann beispielsweise durch einen konkreten Sprachstil, anschaulichen Begriffen oder Beispielen hergestellt werden.

#### Erfolgszuversicht (*Confidence*):

- Gelegenheiten für Erfolgserlebnisse bieten (*success opportunities*):

Für Lernende sind Erfolgserlebnisse in herausfordernden Aufgaben wichtig. Deshalb sollen innerhalb eines Lernmaterials Möglichkeiten für Lernende geboten werden, bei denen Leistungen erbracht und Erfolg erlebt werden können.

- Selbstkontrolle (*personal control*):

Ein wichtiger Faktor für Motivation ist, dass Lernende durch selbstständiges Handeln zu erfolgreichen Ergebnissen gelangen und diese als Resultat der eigenen Anstrengung empfinden. Das kann durch Lernangebote erreicht werden, in denen die Kontrolle über den Lernprozess zunehmend von der Lehrperson auf die Lernenden übertragen wird.

Zufriedenheit (*Satisfaction*):

- Ein selbst spürbarer Lernzuwachs stellt einen zufriedenstellenden Zustand für Lernende dar. Andererseits können Lernende schnell demotiviert werden, wenn die Folgen ihrer Anstrengung von den eigenen Erwartungen abweichen (Keller, 2010).

Durch die Ausführungen zum motivationsfördernden Design von Aufgaben aus dem ARCS-Modell, wird verdeutlicht, dass einzelne lernförderliche Aspekte nicht isoliert betrachtet werden sollten, sondern dass diese im Zusammenhang zueinander stehen (z.B. Aufmerksamkeit mit Motivation).

#### 2.3.1.5. Feedback

In den Ausführungen in den vorangegangenen Kapiteln, wie etwa dem Gedächtnismodell von Johnstone (1997), wurde bereits angeführt, dass Lernen immer mit Rückkopplungsprozessen verbunden ist, bei denen neu aufgenommene Informationen mit bereits vorhandenen Wissensstrukturen verglichen werden. Müller (2009) beschreibt Feedback im Allgemeinen als Rückmeldung der Umwelt auf das eigene Verhalten, dass Hilfestellung leistet, dieses einzuordnen und zu überprüfen. Daraufhin kann ein Individuum seine Wissensstrukturen verändern und gegebenenfalls sein Verhalten anpassen (Müller, 2009). Im Hinblick auf Lernen im schulischen Kontext kann Feedback als zwischengeschaltete Testphase angesehen werden, die informative Rückmeldungen zum Lernerfolg liefert (Müller, 2009). Somit stellt Feedback einen essentiellen Bestandteil von Lernprozessen dar, da es den selbstregulierten Wissensaufbau unterstützen und kontrollieren kann (Niegmann, et al., 2008, S. 327). Insbesondere für Lernformate, die selbstreguliertes Lernen bezwecken, ist eine Unterscheidung von internem und externem Feedback relevant. Intern bezieht sich darauf, dass sich Lernende selbst Rückmeldung verschaffen, indem sie ihre Ergebnisse mit einer Form von Lösungen auf Übereinstimmung vergleichen (Niegmann, et al., 2008, S. 332). Als extern bezeichnet man

Feedback, das von außen kommt. Das Spektrum reicht dabei von richtig oder falsch bis hin zu elaborierten Rückmeldungen. Insbesondere bei falschen Antworten zeigt sich, dass ein differenziertes bzw. elaboriertes Feedback einem schlichten richtig/falsch in Bezug auf den Lernerfolg überlegen ist (Musch, 1999).

Bei geeigneter Gestaltung kann Feedback Lernen positiv beeinflussen ((Müller, 2009, S. 35ff). Wichtig für internes Feedback ist, dass dazu geeignete Hilfen, beispielsweise in Form von Musterlösungen oder Kriterienlisten, zur Verfügung stehen (Niegmann, et al., 2008).

Die Ausführungen zu Aspekten, die Einfluss auf das Lernen haben, stellen bereits wertvolle Erkenntnisse für die Materialgestaltung dar. Desweiteren bieten sie eine wertvolle Grundlage für das Gestalten bzw. Designen von Aufgaben. Dies wird im nachfolgenden Kapitel thematisiert.

### 2.3.2. Designprinzipien

In diesem Kapitel sollen Aspekte der Konzeption und Ausgestaltung von Lernangeboten auf der Gestaltungsebene thematisiert werden. Hilfreiche theoretische Ausführungen dazu lassen sich aus dem „Didaktischen Design“ (Reinmann, 2015) heranziehen. Dabei wird als Ziel formuliert, einen Unterrichtsentwurf zu kreieren, der eine den Zielen angemessene Struktur aufweist und einen an den gegebenen Rahmenbedingungen orientierten Ablauf ermöglicht. Der Designbegriff wird in der internationalen wissenschaftlichen Literatur durch das „Instructional Design“ vertreten, wobei dessen deutschsprachige Entsprechung des Didaktischen Designs von Flechsig (1987) geprägt wurde. Der Design-Begriff, auf der Ebene der Gestaltung, gibt einen Hinweis darauf, dass die Gestaltung von Lernangeboten auf der einen Seite ein systematisches und begründetes Vorgehen (systematische Komponente) darstellt, andererseits aber auch Kreativität und Flexibilität (visionäre und schöpferische Komponente) fordert (Reinmann, 2015). Demzufolge sollen aus Sicht des Designens keine direkten, rezeptartigen Handlungsempfehlungen, sondern vielmehr Grundlagen für didaktische Entscheidungen bei der Entwicklung von Unterrichtsmaterial geboten werden.

In den Ausführungen in diesem Kapitel werden zunächst die Strukturierungsmöglichkeiten von Unterrichtsmaterial und anschließend Aspekte für die Gestaltung von Aufgaben behandelt.

### 2.3.2.1. Strukturierung von Unterrichtsmaterial

Die Strukturierung eines Materials ist immer von der Struktur des zu vermittelnden Inhalts geprägt. Diese bezeichnet man als Sachstruktur (Niegmann, et al., 2008). Dazu zählen zum Inhalt gehörende Begriffe, Konzepte sowie Beziehungen zwischen diesen (Reinmann, 2015). Diese Sachstrukturen können Lernende in der Regel nicht einfach in die eigenen kognitiven Strukturen überführen (Reinmann, 2015). Daher ist die Erstellung einer didaktischen Struktur notwendig. Bei der didaktischen Struktur sollen Inhalte so aufbereitet sein, dass Lernende möglichst wenig Verständnisprobleme haben und viele Anknüpfungspunkte finden (Reinmann, 2015).

In der didaktischen Literatur werden verschiedene Prinzipien zur inhaltlichen Strukturierung vorgeschlagen, welche von Reinmann (2015) zusammengefasst wurden. Dazu zählen: (a) vom Bekannten zum Neuen (b) vom Allgemeinen zum Besonderen und umgekehrt, (c) vom Einzelnen zum Komplexen und umgekehrt oder (d) linear oder vernetzt.

Die Vorgehensweise vom Bekannten zum Neuen lässt sich aus lerntheoretischer Sicht stützen, da dabei an das Vorwissen von Lernenden angeknüpft werden kann und neue Inhalte in bestehende Wissensstrukturen integriert werden können (Müller, 2009, S. 30f). Dieses Vorgehen ist oft damit verbunden, dass die Anforderungen mit Fortlauf steigen. Man könnte dies auch als „vom Einfachen zum Schweren“ bezeichnen (Euler & Hahn, 2007). Aus den Überlegungen von Keller (2010) zur Vertrautheit (siehe Kapitel 2.3.1.4), nach denen neue, unerwartete Inhalte Neugierde auslösen können, wird die Rolle des Neuen als lernförderlicher Aspekt beschrieben. Lernmaterialien sollten daher so gestaltet sein, dass sie zum einen an bereits bestehendem Wissen von Lernenden anknüpfen und zum anderen soviel Neues enthalten, dass Lernende bestrebt sind, sich diese anzueignen (Müller, 2009, S. 30 ff).

Vom Allgemeinen zum Besonderen lässt sich auch als deduktive Struktur bezeichnen. Dabei werden zunächst allgemeine Regeln, Konzepte und Prinzipien erarbeitet und anschließend folgt die Anwendung durch Aufgaben. Nach Reinmann (2015, S. 38) liegt der Vorteil dieser Methode darin, dass es ein rasches und effizientes Vorgehen ermöglicht. Allerdings besteht auch die Gefahr, dass für Lernende Langeweile entsteht und Inhalte rasch wieder vergessen werden. Die umgekehrte Vorgehensweise, vom Besonderen zum Allgemeinen wird als induktives Vorgehen bezeichnet. Ausgangspunkt stellen Beispiele, Einzelfälle, Geschichten oder Anwendungen dar. Dies dient insbesondere dem Wecken von Interesse (Reinmann, 2015). In weiteren Schritten werden allgemeine Konzepte und Prinzipien abgeleitet. Dieses Vorgehen

eignet sich besonders gut im naturwissenschaftlichen Bereich, da es dem Prozess der Erkenntnisgewinnung entspricht. So können ausgehend von Beispielen oder Experimenten allgemeine Regeln oder Modelle erarbeitet werden. Eine induktive Struktur nimmt zwar mehr Zeit als ein deduktiver Unterrichtsgang in Anspruch, fördert aber das Behalten und die Anwendung von Inhalten (Niegmann, et al., 2008, S. 141).

Eine weitere Strukturierungsmöglichkeit ist vom Einzelnen zum Komplexen, was auch als synthetisches Vorgehen bezeichnet wird. Dabei wird sukzessive eine Voraussetzung nach der anderen geschaffen, die zu einem größeren Wissen oder Können zusammengesetzt werden. Die Gefahr besteht dabei, dass Lernende im Lernprozess nicht wissen, was sie mit den einzelnen Komponenten anfangen sollen, was ermüdend wirken kann (Reinmann, 2015). Wenn man vom Komplexen zum Einzelnen geht, nennt man dies auch analytisches Vorgehen. Dabei wird mit einem übergeordneten Ziel begonnen und in weiterer Folge werden Schritt für Schritt jene Inhalte erarbeitet, die zum Verstehen des großen Ganzen notwendig sind. Dieses Vorgehen erleichtert Bedeutungen zu erkennen und einen Überblick zur Thematik zu erlangen, kann aber auch zu Verständnisproblemen führen (Reinmann, 2015).

Eine weitere Unterscheidung der inhaltlichen Strukturierung stellt das lineare bzw. vernetzte Vorgehen dar. Bei linearem Vorgehen wird eine Reihenfolge im Vorhinein festgesetzt und die Struktur wird von Anfang bis zum Ende bearbeitet. Beim vernetzten Vorgehen können Lernende selbst über die Reihenfolge entscheiden. Erwartungen, dass netzartige Sequenzierungen das Verstehen und Behalten besser als lineare Sequenzierung fördert, haben sich empirisch nicht bestätigen lassen (Reinmann, 2015).

### 2.3.3. Gestaltung von Aufgaben

Bei der Konstruktion von Aufgaben ist es das Ziel, diese möglichst lernförderlich für Lernende zu gestalten. Bezüglich des Lernbegriffes lässt sich dabei eine wichtige Unterscheidung treffen, nämlich zwischen dem rezeptiven und dem produktiven bzw. reproduktiven Lernen.

Zum rezeptiven Lernen gehören Vorgänge wie das Zuhören, Lesen und Beobachten, wobei es sich um aktive, aber nach außen hin unsichtbare kognitive Vorgänge handelt (Reinmann, 2015). Im Gegensatz dazu handelt es sich bei produktivem und reproduktivem Lernen um Prozesse, die nach außen hin sichtbare bzw. wahrnehmbare Aktivitäten darstellen, indem sie mündliche, schriftliche, bildhafte und beobachtbare Handlungen tätigen und somit etwas selbst erarbeiten, anwenden, erschaffen, üben und für sich selbst entdecken (Reinmann, 2015). Aufgrund dieser

Gemeinsamkeit von produktivem und reproduktivem werden diese in weiterer Folge synonym unter dem Begriff des produktiven Lernens behandelt. Sowohl rezeptives als auch produktives Lernen setzen eine Aktivität von Lernenden voraus, wobei bei erstgenanntem diese sich nicht von außen direkt beobachten lässt. Diese Unterscheidung in der Lernaktivität wird von Schnotz et al. (2004) durch die Verwendung von Artefakten (rezeptives Lernen) und der Produktion von Artefakten (produktives Lernen) beschrieben. Es wird festgehalten, dass produktives Handeln einen stärkeren Lerneffekt als rezeptives Lernen bewirkt, da dabei komplexere und tiefgreifende sozio-kognitive Prozesse beteiligt sind (Schnotz, et al., 2004).

Auf der Ebene der Gestaltung lässt sich der Aspekt des rezeptiven Lernens heranziehen, um die Informationsverarbeitung von Text und Bild zu behandeln und somit Prinzipien der Text- und Bilddarstellung zu erläutern. Produktives Lernen eignet sich hingegen zur Formulierung von Aktivierungsmaßnahmen, die es Lehrenden ermöglichen sollen, Inhalte so aufzubereiten, dass Lernende sie selbst entdecken können (Reinmann, 2015).

#### 2.3.3.1. Gestaltung von Text und Text-Bild-Kombinationen

Um die Verarbeitung von Text- bzw. Bildinformationen aus lernpsychologischer Sicht zu beschreiben, kann man das integrative Modell des Text- und Bildverstehens von Schnotz (2014) heranziehen. Die Basis dabei ist, dass Texte, ob gesprochen oder geschrieben, andere Repräsentationen (propositionale Repräsentationen) im Gehirn erzeugen als Bilder (mentale Modelle) zum jeweiligen Inhalt. Die Form der Repräsentationen entscheiden darüber wo Informationen im Gedächtnis verarbeitet werden, unabhängig vom Sinneskanal, über den sie aufgenommen werden (Schnotz W. , 2014). Dies ist von Relevanz, da die Gestaltung von Informationen in Form von Texten, in Form von Bildern oder in Form von Text-Bild-Kombination Auswirkungen auf die rezeptive Aufnahme besitzen (Reinmann, 2015).

#### Texte

Vorerst ist bei der Gestaltung von Texten zu berücksichtigen, dass beim Lesen zunächst Buchstaben und Wörter erkannt werden müssen. Auf dieser Ebene der *basalen Verarbeitung* spielen typografische Merkmale (wie Schrifttyp und Schriftgröße, sowie Zeilenlänge und Kontrast) eine Rolle (Reinmann, 2015).

(Ballstaedt, 1997) beschreibt Faktoren, die auf der basalen Ebene für das Textverstehen von Bedeutung sind. Dazu zählt das Vorwissen von Lernenden. Beim Erkennen von Wörtern werden ihnen Bedeutungen zugeordnet. Ein Text ist schwerer verständlich, wenn er viele ungeläufige oder unbekannte Wörter beinhaltet. Dies hängt natürlich vom Wortschatz und dem

Wissen der lesenden Person ab. Somit ist eine objektive Wertung, ob ein Text schwierig oder leicht ist nicht möglich. Bei der Formulierung von Texten ist es allerdings hilfreich, sich zu überlegen, welchen Kenntnisstand der Lernenden man voraussetzen kann (Ballstaedt, 1997).

Weitere Antworten auf die Frage, wie Texte verständlich gestaltet werden können, bieten die vier Verständlichkeitsdimensionen nach dem Hamburger Verständlichkeitskonzept (Langer, Schulz von Thun, & Tausch, 1981). Dazu zählen (1) sprachliche Einfachheit, (2) Gliederung und Ordnung, (3) Kürze und Prägnanz und (4) zusätzliche Stimulanz. Demnach wird die Textverständlichkeit erhöht, wenn man (1) einfache, geläufige und anschauliche Formulierungen und Wörter wählt, wenn man (2) den Text übersichtlich gliedert und Abschnitte in eine nachvollziehbare Reihenfolge bringt, wenn man (3) Inhalte weder zu kurz noch zu ausschweifend formuliert und (4) das Interesse und die Anteilnahme durch wörtliche Rede und direkte Ansprache, Beispiele und narrative Elemente oder rhetorische Fragen anregt (Langer, Schulz von Thun, & Tausch, 1981).

Um Texte zu strukturieren und zu gliedern können überdies Überschriften dienen. Diese können den Gesamttext unterbrechen und gliedern diesen in kleinere Informationseinheiten (Ballstaedt, 1997). Eine weitere Möglichkeit zur Strukturierung von Texten sind Orientierungsmarken. Sie sollen Textteile oder bestimmte Wörter optisch hervorheben, wodurch sich für Lernende die mentale Belastung des Arbeitsgedächtnisses reduziert (Harp & Mayer, 1998). Ballstaedt (1997) gibt diesbezüglich verschiedene Möglichkeiten an:

- Kasten als Umrahmung eines Textes
- Unterlegung eines Textteils mit Farbe
- Farbige Schrift
- Piktogramme: Dazu zählen Pfeile, Ausrufezeichen oder Balken. Sie sollten im Idealfall am Rand platziert sein (Ballstaedt, 1997)

Diese Orientierungsmarken beeinflussen die Aufmerksamkeit und sollten sparsam eingesetzt werden (Ballstaedt, 1997).

Texte-Bild-Kombinationen

Bilder können als Unterstützung von Texten dienen und Lernenden beim Verstehen eines Textes unterstützen (Niegmann, et al., 2008, S. 221). Sie können dabei unterschiedliche Funktionen besitzen. Dazu zählen

- motivationale Funktion (Interesse am Lerninhalt wecken)

- Dekorationsfunktion (Lernmaterial ästhetisch ansprechend gestalten und somit den Text attraktiver wirken lassen)
- Kompensationsfunktion (Lernenden mit Lern- oder Leseschwierigkeiten können von der Hinzunahme von Bildern profitieren, wenn ihnen das Textverstehen Schwierigkeiten bereitet)
- Aufmerksamkeitsfunktion: illustrierte Textinhalte können Relevanz hervorheben und Aufmerksamkeit auf wichtige Aspekte lenken. (Niegmann, et al., 2008, S. 222)

Bilder können überdies hinaus dazu dienen, einen besseren Überblick zu verschaffen (Reinmann, 2015, S. 46). Niegmann et al. (2008) erklärt dies folgendermaßen: „Bei der Betrachtung von Bildern können Informationen auf einen Blick erfasst werden. Im Gegensatz zu Texten, die sequenziell, d.h. nach und nach gelesen werden, können Informationen gleichzeitig dargeboten werden.“ (S. 223).

Werden Texte mit Bildern kombiniert, spielt die Anordnung eine entscheidende Rolle. Nach dem Modell des integrierten Text- und Bildverstehens (Schnotz W. , 2014) müssen aufeinander bezogene Text- und Bildinformationen gleichzeitig im Arbeitsspeicher präsent sein, um zu einem Modell integriert zu werden. Damit verschiedene Quellen möglichst gut miteinander verknüpft werden können, sollte der Weg, den das Auge zwischen den beiden Quellen zurücklegen muss, möglichst kurz sein und deshalb sollte man Bilder möglichst nahe bei den zugehörigen Texten platzieren (Baadte & Schnotz, 2012).

#### 2.3.3.2. Gestaltung von Aufgaben zum produktivem Lernen

Die bisher behandelten Aspekte, die sich auf die Gestaltung von Texten und Grafiken beziehen, werden durch rezeptives Lernen aufgenommen. Nun soll jener Teil der Materialgestaltung thematisiert werden, der Lehrenden hilfreiche Aspekte zur Aufbereitung von Inhalte liefert, so dass Lernende in einem aktiven Auseinandersetzungsprozess zu produktivem Lernen angeregt werden. Der Faktor von reproduktivem Lernen geht auf die Bedeutung des Feedbacks für den Lernprozess zurück und kann durch Übungsaufgaben bewerkstelligt werden. Nach Reinmann (2015) kann Üben zur Freude am Können führen und somit zur Erfahrung, dass durch eigenes Handeln eine Wirkung erzielt wird. Als motivationsfördernd wurde dieser Aspekt auch von Keller (2010) in Bezug auf Erfolgsoversicht (siehe 2.3.1.4) dargestellt. Als Begründung für das Streben nach solchen Lernaktivitäten wird in der Literatur angegeben, dass produktives Handeln einen stärkeren Lerneffekt im Vergleich zu rezeptives Lernen (Schnotz, et al., 2004).

Durch den Fokus auf die Aktivität des Handelns beim produktiven Lernen, wird dieser Bestandteil der Materialgestaltung auch als Aktivierungskomponente (Reinmann, 2015) bezeichnet. Im folgenden Kapitel sollen nun relevante Aspekte für die Gestaltung solcher Aufgabenformate dargestellt werden.

#### Aktivierung

Zu den Maßnahmen, die produktives Lernen auslösen können, zählen nach Reinmann (2015) das Üben, das Beantworten von Fragen oder das Bearbeiten von Aufgabenstellungen, bei denen Lernende etwas selbständig erarbeiten, anwenden oder gänzlich Neues erschaffen. SchülerInnen sollen Inhalte selbst für sich entdecken. Der Begriff Entdecken ist in diesem Zusammenhang nicht im Sinne von Suchen und Finden gemeint, sondern vielmehr als die Selbsterarbeitung von Kenntnissen und Fähigkeiten durch produktives Handeln. Beim Erstellen solcher Aufgaben verändert sich (im Vergleich zu einer vermittelnden Didaktik) der Aufgabenbereich der Lehrperson. Lehrende konzentrieren sich darauf, Inhalte so aufzuarbeiten, dass Lernende diese selbst entdecken können (Reinmann, 2015).

Bei Aufgaben dieser Art liegt der Interessensschwerpunkt auf dem Lernprozess. Diese Form von Aufgaben werden in der Literatur auch als Lernaufgaben (z.B. Leisen (2010) bezeichnet und unterscheiden sich grundsätzlich von Prüfungsaufgaben. Leisen (2010) stellt fest, dass sich diese Unterschiede auch durch psychologische Gesetzmäßigkeiten äußern. In einer Lernsituation will jemand etwas Neues lernen, Lücken schließen oder etwas verstehen, während bei Leistungsaufgaben jemand Erfolg erzielen und Misserfolg vermeiden will.

Dies bedeutet aber nicht, dass Aufgaben, den Wissensstand widerspiegeln können, keinen Platz in solchen Unterrichtsformaten haben. Als Begründung dafür kann die Rolle von Feedback herangezogen werden. Wie in Kapitel 2.3.1.5 dargestellt, besitzen Rückmeldungen eine zentrale Funktion im Lernprozess. Daher können Übungs- und Testaufgaben Teil von Unterrichtsmaterial sein, das zur Aktivierung und produktivem Lernen führen soll.

#### Aufgabenformate zur Aktivierung

Übungs- und Testaufgaben stellen eine wichtige Rolle in Lernumgebungen dar, bei denen Lernende sich selbst aktiv Wissen aneignen sollen, denn sie können Lernprozesse unterstützen und steuern (Seel, 1981, S.88) zitiert nach (Niegmann, et al., 2008, S. 311).

Überdies lässt sich durch Übungs- und Testaufgaben der Leistungsstand bzw. das Erreichen von Lehrzielen von Lernenden überprüfen, wodurch sich diese besonders zur Selbstüberprüfung eignen (Niegmann, et al., 2008, S. 311)

Bei der Konstruktion von Übungs- und Testaufgaben sind gewisse Aspekte zu beachten.

„Um Lernprozesse zu initiieren, reicht es nicht, die Lerninhalte in Textform oder multimedial anzubieten, vielmehr muss gewährleistet sein, dass die Lernenden sich intensiv mit den Inhalten auseinandersetzen.“ (Niegmann, et al., 2008, S. 311). In Unterrichtssituationen, in denen Lernenden keine Lehrperson für entsprechende Hilfestellungen zur Seite steht, können Übungs- und Testaufgaben die Rolle der Lernbegleitung übernehmen (Niegmann, et al., 2008, S. 312). Die Betreuungsleistung bzw. der Steuerung und Strukturierung des Lernprozesses im Unterricht wird somit von der Lehrperson auf das Unterrichtsmaterial übertragen. Für die Lehrperson, die Unterrichtsmaterial gestaltet, bedeutet dies, dass die Komponente der Betreuung in die Planungs- und Gestaltungsphase des Unterrichtsmaterials verlagert wird.

Dieser Zugang wird auch bei Lernaufgaben von Leisen (2010) vertreten. Dabei wird ausgeführt, dass bei der Abgabe der Steuerung im Unterricht von der Lehrkraft auf die Lernaufgabe, ein Wechsel von direkter zu indirekter Steuerung vollzogen wird. Indirekt bezieht sich darauf, dass die Steuerung nicht im Unterricht direkt, sondern in der Planung und Aufbereitung der Lernaufgaben stattfindet. Somit tritt die Lehrperson im Unterricht zurück und überlässt die Steuerung des Lernprozesses der Lernaufgabe und im weiteren Sinn den Lernenden in höherem Ausmaß selbst (Leisen, 2010). Dieser Aspekt wird auch im Kontext von sprachsensiblen Fachunterricht unter dem Begriff Macro-Scaffolding (Hammond & Gibbons, 2005) beschrieben.

Nach Reinmann (2015) kann der Aufbau von Aufgaben mit der beschriebenen Funktion der Aktivierung aus bis zu vier Elementen bestehen, die in gewisser Weise miteinander verbunden sind. Diese vier Elemente sind die *Zielsetzung*, der *Kontext*, die *Anleitung* und die *Ressourcen*. Mit der *Zielsetzung* ist die Anforderung gemeint, was Lernende tun sollen bzw. was von ihnen verlangt wird. Diese kann als explizite Anweisung oder als implizit vorhandene Anforderung formuliert sein. Als *Kontext* wird eine thematische Einbettung der Zielsetzung gemeint. Unter *Anleitung* werden Vorgaben oder Empfehlungen von Schritten zur Zielerreichung verstanden. Diese kann fehlend, gering oder hoch ausgeprägt sein. Die Anleitung ist ein wesentlicher Aspekt für den Freiheitsgrad bei der Bearbeitung für Lernende. Als *Ressourcen* werden zusätzliche Informationen und Materialien dar, die man zur Aufgabenbearbeitung nutzen kann. Diese können von der Lehrperson bereitgestellt werden oder von Lernenden selbst zu suchen sein (Reinmann, 2015).

Nach Seel (1981) zitiert nach (Niegmann, et al., 2008, S. 314f) sind bei der Konstruktion von Aufgaben Informations-, Reiz-, Reaktions- und Rückmeldungskomponente notwendig:

- Bei der Informationskomponente handelt es sich um die Darstellung des Aufgabeninhalts. Dabei soll dieser strukturiert werden um einzelne Lernziele festlegen zu können
- Bei der Informationskomponente handelt es sich um die Darstellung des Aufgabeninhalts. Dabei soll dieser strukturiert werden um einzelne Lernziele festlegen zu können.
- Mit Reizkomponente ist die Frage- bzw. Aufgabenstellung gemeint, die den Lernprozess in Gang setzen soll. Dabei ist wichtig, dass diese präzise und eindeutig formuliert wird, sodass den Lernenden klar ist, was zu tun ist, um die Aufgabe zu lösen.
- Reaktionskomponente legt das zu erwartende Lösungsverhalten fest. Bei der Konstruktion der Aufgabe sollen zu erwartende Antworten präzisiert und festgelegt werden.
- Mit Rückmeldungskomponente ist das Bereitstellen von Feedback gemeint. Dieses kann unterschiedliche Formen annehmen. (Seel, 1981) zitiert nach (Niegmann, et al., 2008, S. 314f)

Die Gestalt von Aufgaben kann sich weiters im Grad der Offenheit unterscheiden. Zum geschlossenen Aufgabenformat zählen Multiple Choice, Ja- oder Nein-Aufgaben, Zuordnungsaufgaben oder Sortierungsaufgaben. Sie haben den Vorteil, dass sie einfach ausgewertet werden können und somit Lernenden unmittelbar den Erfolg bzw. Misserfolg rückmelden können (Niegmann, et al., 2008). Sie eignen sich daher für Aufgaben mit Selbstkontrolle (Reinmann, 2015).

Halboffene Aufgaben ermöglichen das freie Erinnern oder selbstständige Weiterdenken (Reinmann, 2015). Eine Ausführung stellen Ergänzungsaufgaben dar, wobei idealerweise nur eine Lösung korrekt ist (Niegmann, et al., 2008).

Offene Aufgaben können von Lernenden frei bearbeitet werden, wobei allenfalls gewisse Vorgaben, wie Umfang der Lösung oder Nutzung von Hilfsmittel, berücksichtigt werden. Da es bei offenen Aufgaben immer mehr als eine richtige Lösung gibt, erfordern sie Rückmeldungen von Personen und/oder Musterlösungen (Niegmann, et al., 2008). Die Betreuungskomponente bei diesem Aufgabenformat spielt eine wesentliche Rolle. Besonders bei kreativen Lösungsansätzen stellen allerdings auch Musterlösungen keine adäquate Rückmeldung dar

(Niegmann, et al., 2008, S. 323). Bleibt Feedback aus, ist mit einem sinkenden Lerneffekt zu rechnen (Reinmann, 2015). Besonders bei kreativen Lösungsansätzen stellen allerdings auch Musterlösungen keine adäquate Rückmeldung dar (Niegmann, et al., 2008, S. 323)

Zusammenfassend soll festgehalten werden, dass die Komponente der Aktivierung Aspekte für die Materialgestaltung darstellt, die Lernende zu produktivem Lernen führen soll. Maßnahmen für die Gestaltung von Aufgaben können mittels dem Design-Begriff dargestellt werden, der sowohl eine systematische als auch eine kreative Gestaltungskomponente besitzt.

Nachdem die im ersten Teil dieser Arbeit theoretische Hintergründe für die Konstruktion und dem Designen von Unterrichtsmaterial dargestellt wurden, wird nun im zweiten Teil die empirische Forschungsarbeit erläutert.

## II. Empirische Untersuchung

Der empirische Teil dieser Diplomarbeit stellt die Genese des entwickelten Unterrichtsmaterials zu ausgewählten Aspekten des Modellbegriffs für den Anfangsunterricht der Sekundarstufe I in einem offenen Lernarrangement dar. Darüber hinaus werden Analyseschritte und deren Ergebnisse, die im Zuge der Materialgenese zur Weiterentwicklung führten, dargelegt. Abschließend werden die erhaltenen Daten mit Bezug zu den Forschungsfragen diskutiert sowie ein Fazit inklusive einem Ausblick auf weitere interessante Aspekte, die sich durch diese Forschungsarbeit ergeben, gezogen.

Um einen Überblick über den Prozess der Forschungsarbeit zu gewinnen, ist dieser in Abbildung 6 skizziert.

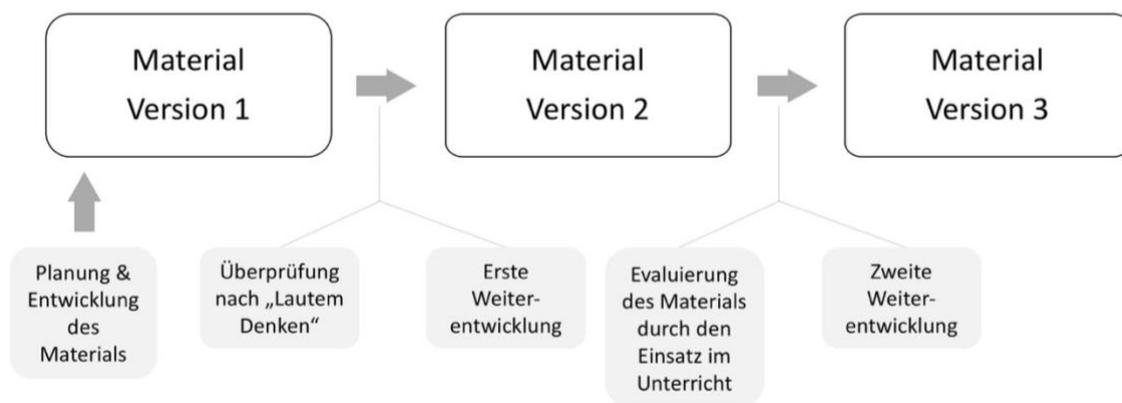


Abbildung 6: Schematischer Ablauf der Entwicklungsarbeit

In der Entwicklungsarbeit bin ich so vorgegangen, dass ich zuerst Unterrichtsmaterial geplant und entwickelt habe. Dieses Unterrichtsmaterial ist als sogenannte Lernschachtel konzipiert worden, welche in einem spezifischen Unterrichtssetting (siehe Schachtelstunde in Kapitel 3.1) zum Einsatz kommen soll. Anschließend habe ich dieses Material (Version 1) einer ersten Testung unterzogen, wobei Erkenntnisse zur Weiterentwicklung exploriert werden sollten. Basierend darauf habe ich das Material überarbeitet. Das optimierte Material (Version 2) habe ich in einer zweiten Analysephase mit SchülerInnen im Unterricht getestet und in einer Evaluation die Eignung für SchülerInnen – im Setting einer Schachtelstunde – geprüft. Abschließend habe ich eine weitere Entwicklung des Materials (Version 3) vorgenommen.

# 3. Beschreibung des Kontexts der empirischen Forschung

Im Folgenden Kapitel werden das Forschungsfeld, indem die Entwicklung des Materials stattgefunden hat, sowie die Forschungsfragen erläutert.

## 3.1. Forschungsfeld

Im „DiplomandInnen-DissertantInnenseminar Didaktik der Chemie“ an der Universität Wien kommt in regelmäßigen Abständen das Forschungsteam des Austrian Educational Competence Centres für Chemie (AECC Chemie) zusammen. Dabei besteht für TeilnehmerInnen die Möglichkeit, die eigene Forschungsarbeit im Team weiterzuentwickeln. Diese Gelegenheit wurde von mir genutzt, um die erste Überprüfung des Materials mit FachdidaktikerInnen durchzuführen.

Da die Lernschachtel für das spezifische Setting der Schachtelstunden an der inklusiven Wiener Mittelschule Lernwerkstatt Donaustadt<sup>1</sup> entwickelt wurde, fand die Evaluation des Materials in einer Klasse dieser Schule statt.. Diese Schule führte zum Zeitpunkt der Erhebung zehn Integrationsklassen der Wiener Mittelschule und eine Klasse als Aufbaulehrgang (5.-8. Schulstufe). Derzeit besuchen ca. 200 SchülerInnen die Schule. Etwa 30 % der Kinder haben Migrationshintergrund, ein großer Teil der Kinder kommt aus Elternhäusern mit niedrigem Bildungsniveau (Minnerop-Haeler, 2013, S. 36). Es gibt zahlreiche SchülerInnen, die intensive Betreuung benötigen, weil sie Lern- und Konzentrationsschwierigkeiten oder aufgrund des häuslichen Umfelds schwere Lebensbedienungen haben, daneben gibt es pro Klasse zwei bis drei Kinder, die nach dem Gymnasial-Lehrplan unterrichtet werden (ebd). Die Schule hat sich als Ziel gesetzt, die Lernkompetenz der SchülerInnen zu fördern, einen individuell gestalteten Unterricht zu ermöglichen und ein Lernen voneinander und miteinander zu forcieren (ebd). Dazu wird eine Lernkultur geführt, in der unter anderem eine Lernwerkstatt Platz findet, in der SchülerInnen einen Raum mit anregenden Materialien, Objekten und Phänomen vorfinde (Minnerop-Haeler, 2013, S. 37) n.

---

<sup>1</sup> lws22.schule.wien.at

Die Lernwerkstatt stellt einen Raum für Offenen Unterricht dar (siehe Abbildung 7 und Abbildung 8), in dem zum einen Lernwerkstatt-Unterricht stattfindet und der zum anderen Platz für sogenannte „Schachtelstunden“ anbietet. Dabei wird in zwei Stunden pro Woche das Lernen in die Hand der SchülerInnen gelegt (Minnerop-Haeler, 2013, S. 37). SchülerInnen können aus einer ständig wachsenden Anzahl (derzeit 230) an Lernschachteln wählen.



Abbildung 7: Die Lernwerkstatt. Ansicht des Klassenzimmers, aufgenommen am 28.02.2017 (Foto: Verf.)



Abbildung 8: Die Lernwerkstatt. Ansicht der Auswahl an Lernschachteln, aufgenommen am 28.02.2017 (Foto: Verf.)

Zu den Anforderungen an eine Lernschachtel zählen nach Minnerop-Haeler (2013):

- Die Schachtel sollte Material für zwei Stunden Arbeit enthalten.
- Die Kinder müssen selbstständig mit dem Material arbeiten können.
- Die Arbeitsaufträge werden präzise, kurz und für die Kinder verständlich formuliert.
- Die Schachtel sollte möglichst viel kreatives Material enthalten.
- Die Schachtel soll Lösungen zur Selbstkontrolle enthalten.

## 3.2. Forschungsfragen

Ziel der Arbeit ist Unterrichtsmaterial zu entwickeln, das für den Einsatz im Unterricht geeignet ist. Um eine angemessene Eignung feststellen zu können, wurde das Material hinsichtlich förderlicher Aspekte und hinderlicher Aspekte untersucht. Förderlich und hinderlich beziehen sich dabei auf die Anforderung einer *Gebrauchstauglichkeit*, dem *didaktischen Design* und dem Potential der Förderung von *Fachinhalt*. Diese Kategorien wurden vom Autor erstellt und beziehen sich auf theoretische Grundlagen, die im ersten Teil der Arbeit behandelt wurden. Im Folgenden sollen diese drei Kategorien näher erläutert werden:

*Gebrauchstauglichkeit* drückt sich dadurch aus, dass SchülerInnen das Material selbstständig bearbeiten können und bezieht sich auf die Anforderungen an eine Lernsachtel sowie auf eine konstruktivistische Sichtweise des Lernens und auf die Theorie Offenen Unterrichts.

Dazu gehört:

- Die Aufgabenstellung ist für SchülerInnen nachvollziehbar. Sie erkennen, was sie bei einer Aufgabe tun sollen.
- SchülerInnen können eine Aufgabe lösen.
- SchülerInnen können sich selbst kontrollieren.

Mit *didaktischem Design* ist gemeint, dass SchülerInnen das Material als animierend und motivierend empfinden. Diese Faktoren wurden im theoretischen Teil dieser Arbeit als lernförderlich dargestellt. Darunter fällt:

- SchülerInnen zeigen Freude.
- Die Lernaufgaben enthalten anregende Materialien.

Unter dem Potential der Förderung von *Fachinhalt* wird verstanden, dass das Material so gestaltet ist, dass Inhalte über Modelle für SchülerInnen nachvollziehbar werden können und Lernprozesse angeregt werden. Dazu werden folgende Aspekte betrachtet:

- Vorab formulierte Lernziele werden erreicht.
- Das Modellverständnis nach Terzer & Upmeier zu Belzen (2007) der SchülerInnen wird gefördert.

Daraus ergeben sich folgende Forschungsfragen (FF):

- FF1: Welche Hinweise zu förderlichen Aspekten können bezüglich der Eignung bei der Bearbeitung des Unterrichtsmaterials durch SchülerInnen erkannt werden?
  
- FF2: Welche Hinweise zu hinderlichen Aspekten können bezüglich der Eignung bei der Bearbeitung des Unterrichtsmaterials durch SchülerInnen erkannt werden?

Zusätzlich wird in dieser Arbeit versucht, folgende Forschungsfrage zu beantworten:

FF3: Inwiefern können Hinweise gefunden werden, dass SchülerInnen Modellverständnis nach Terzer & Upmeyer zu Belzen (2007) anwenden bzw. entwickeln?

## 4. Forschungsmethoden

Nach der ersten Planungs- und Entwicklungsphase entstand die Version 1 des Materials. Diese erste Version wurde von FachdidaktikerInnen im „Diplomanden-Dissertantenseminar Didaktik der Chemie“ getestet. Dabei sollte die Methode des „Lauten Denkens“ das Explorieren von Aspekten für eine angemessene Eignung des Materials für SchülerInnen ermöglichen. Die überarbeitete Fassung des Materials (Version 2) wurde am 18.12.2017 in einer 2. Klasse der Lernwerkstatt Donaustadt im Rahmen einer Schachtelstunde erprobt. Die Auswahl der teilnehmenden SchülerInnen beruhte auf deren freiwillige Meldung. Diese Vorgehensweise basiert auf dem Konzept der Schachtelstunde, bei dem Lernende selbstständig eine Themenwahl treffen. Das Unterrichtsmaterial wurde von zwei SchülerInnen, welche im weiteren Verlauf mit S1 und S2 bezeichnet werden, in Form einer Partnerarbeit behandelt. Dieser Prozess wurde mithilfe eines Beobachtungsbogens, der in Kapitel 4.1.2 erläutert wird, protokolliert. In dem Erlass vom Stadtschulrat für Wien vom 29.05.2017 ist folgende Anordnung zu finden: „Tonband- oder Videoaufzeichnungen von Unterrichtsstunden im Rahmen einer wissenschaftlichen Erhebung sind aus datenschutzrechtlichen, urheberrechtlichen und dienstrechtlichen Gründen unzulässig.“ Daher konnte das Festhalten der Geschehnisse in der Schule weder mit Ton- noch mit Videoaufzeichnungen bewerkstelligt werden. Aus diesem Grund wurde zur Evaluation die Methode der passiv-teilnehmenden Beobachtung herangezogen. Weitere Datenerhebungen stellen die bearbeiteten Arbeitsblätter des Materials und ein kurzes Abschlussgespräch mit den beiden SchülerInnen, nachdem sie das Arbeitsmaterial bearbeitet hatten, dar. Die passiv-teilnehmende Beobachtung wurde mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2016) ausgewertet. Das laute Denken, die Arbeitsblätter und das Abschlussgespräch wurden einer qualitativen Analyse unterzogen. Eine abschließende vernetzte Betrachtung der Ergebnisse der unterschiedlich erhobenen Datenquellen, bietet eine Möglichkeit, dass sich Einzelresultate gegenseitig unterstützen.

### 4.1. Methoden zur Datenerhebung

Erste Erkenntnisse für die Weiterentwicklung des Materials wurden durch die Methode des „Lauten Denkens“ erhoben. Datenquellen, die durch die Bearbeitung des Materials in der Schule stattgefunden haben sind ein Beobachtungsprotokoll, Arbeitsblätter und schriftliche Aufzeichnungen zu einem Abschlussgespräch. Das Abschlussgespräch wurde geführt, um einen persönlichen Eindruck der beiden TeilnehmerInnen einzufangen. Unmittelbar nachdem

die letzte Aufgabe der Lernsachtel bearbeitet wurde, sollten erste Reaktionen der SchülerInnen eingefangen werden. Aus Zeitgründen konnte das Gespräch nicht sehr umfangreich gestaltet werden, so dass dieses auf vier Leitfragen beschränkt stattfand.

#### 4.1.1. Methode des „Lauten Denkens“

Die Methode des „Lauten Denkens“ ist „[...] das gleichzeitige laute Aussprechen von Gedanken bei der Bearbeitung einer Aufgabe [...]“ (Knoblich & Öllinger, 2006, S. 692). So können Einblicke in die mentalen Prozesse von Personen gewonnen werden, um Rückschlüsse auf Eindrücke, Gefühle und Absichten zu erhalten (Frommann, 2005). Laut Weidle & Wagner (1982) liegt der Ursprung der Methode in der Denkpsychologie von Bühler (1907). Die Methode findet in der fachdidaktischen Lehr-Lern-Forschung zur Analyse von Denk-, Lern- und Problemlöseprozessen ihre Anwendung (Sandmann, 2014, S. 182). Das „Laute Denken“ zählt zu einer der wenigen Methoden, die es ermöglicht kognitive Vorgänge zu erfassen, die während einer Handlung auftreten (Weidle & Wagner, 1982). Die Evaluation zielt darauf ab, qualitative Informationen über die Eignung von Materialien bezüglich ihrer Gebrauchstauglichkeit zu gewinnen (Frommann, 2005). Durch die Methode des „Lauten Denkens“ sollten Aspekte aufgezeigt werden, die die Eignung des Materials für den Einsatz im Unterricht erhöhen.

Am 19.10.2017 wurde das Material (Version 1) für eine erste Einschätzung hinsichtlich der Tauglichkeit für den Einsatz im Unterricht im „Diplomanden-Dissertantenseminar Didaktik der Chemie“ mit FachdidaktikerInnen der Universität Wien getestet. Die TeilnehmerInnen waren MitarbeiterInnen des AECCs sowie DiplomandInnen im Bereich Chemie Fachdidaktik der Universität Wien. Zwei TeilnehmerInnen haben in ihrer Rolle als FachdidaktikerInnen das Unterrichtsmaterial getestet und dabei ihre Gedanken laut geäußert. Beobachtungen mit den Schwerpunkten TeilnehmerInnen-Aktivität, inhaltliche Struktur, Emotion und Gebrauchstauglichkeit des Materials wurden von den übrigen TeilnehmerInnen des Seminars getätigt. Im Anschluss an die Bearbeitung des Materials wurde gemeinsam über die Eindrücke reflektiert. Die gesamte Durchführung wurde per Videomitschnitt aufgezeichnet.

#### 4.1.2. Beobachtungsprotokoll – passiv-teilnehmende Beobachtung

Zur systematischen Protokollierung der passiv-teilnehmenden Beobachtung der Bearbeitung des Unterrichtsmaterials (Version 2) habe ich ein Beobachtungsprotokoll verwendet.

Bei wissenschaftlichen Beobachtungen handelt es sich um ein geplantes, sinnlich wahrnehmbares Verhalten mit systematischen Aufzeichnungen, das einem bestimmten

Forschungszweck und einem Untersuchungsziel dient Sowa et al. (2013). Sowa et al. (2013) stellt in Anlehnung an (Flick (2000), Friedrichs (1990), Friedrichs & Lüdtko (1971) und Lamnek (1989)) unterschiedliche Beobachtungsformen dar, die sich in den Differenzierungsdimensionen Strukturierung, Transparenz, Rolle des Beobachters/der Beobachterin, Partizipationsgrad, Art der Situation und Fokus der Beobachtung unterscheiden. Bei meiner Forschung habe ich eine strukturierte Beobachtung vorgenommen, in der ich einen Beobachtungsbogen (siehe Anhang 01: Beobachtungsbogen) benutzt habe. Weiters handelte es sich um eine offene Beobachtung, in der den TeilnehmerInnen das Forschungsinteresse offengelegt wurde. Die Rolle der Beobachtung wurde von einer Kollegin aus dem AECC-Team und mir vorgenommen. Dabei wurde unsererseits während der Beobachtung nicht mit den TeilnehmerInnen interagiert. Da bereits die Präsenz von BeobachterInnen einen Einfluss auf die Handlungssituation und unter Umständen auch auf den Interaktionsverlauf nimmt (Dechmann, 1978), kann in diesem Fall nach Sowa et al. (2013) nicht von einer „nicht-teilnehmenden“ Beobachtung gesprochen werden. Somit handelte es sich um eine passiv-teilnehmende Beobachtung, bei der sich Beobachtende ganz auf die Rolle des forschenden Beobachtens beschränken (Atteslander, 2008, S. 85). Die Art der Situation stellt sich mit einer Unterrichtseinheit (Schachtelstunde) als ein natürliches Setting dar. Dabei wird das Verhalten der TeilnehmerInnen unter den dort vorherrschenden Bedingungen untersucht (Atteslander, 2008).

Die Struktur des Beobachtungsbogens (siehe Anhang 01: Beobachtungsbogen) wurde durch Kategorien erzeugt, die sich aus der ersten Untersuchung nach der Methode des „Lauten Denkens“ ergeben haben.

Die Beobachtungen wurden überwiegend stichwortartig in Form von Notizen auf den Beobachtungsbögen festgehalten.

## 4.2. Methoden zur Datenauswertung

Die Auswertung der Daten aus der Methode des „Lauten Denkens“ beruht darauf, Kenntnisse für die Weiterentwicklung des Materials aufzuspüren. Die bei der passiv-teilnehmenden Beobachtung erstellten Beobachtungsbögen wurden nach der qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2016) ausgewertet. Die Arbeitsblätter wurden hinsichtlich einer inhaltlichen Übereinstimmung mit formulierten „Soll“-Antworten (siehe Anhang 03: Lösungen zu den Arbeitsblättern der Version 02:) ausgewertet.

Zur Auswertung der erhobenen Daten durch die passiv-teilnehmende Beobachtung wurde die Methode der qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2016) angewandt. Der Begriff der qualitativen Inhaltsanalyse geht nach Kuckartz auf Siegfried Kracauer zurück, der in seinem Aufsatz „The challenge of qualitative content analysis“ (1952) argumentierte, Kommunikationsinhalte nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ zu analysieren. Dabei schwebte ihm eine Weiterentwicklung der klassischen Inhaltsanalyse in den Bereichen Hermeneutik und Interpretation als eine codifizierte Methode vor. Philipp Mayring hat diesen Anspruch mit seinem erstmals 1983 publizierten Buch „Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken“ aufgegriffen (Kuckartz, 2016, S. 5f). Nach Mayring (2002) ist Ziel einer Inhaltsanalyse die Analyse von Material, das aus irgendeiner Art von Kommunikation stammt. „Die Inhaltsanalyse arbeitet mit Texten, Bildern, Noten, mit symbolischen Material also. Das heißt, die Kommunikation liegt in irgendeiner Form protokolliert, festgehalten vor“ (Mayring, 2002, S. 12). Auch Kuckartz bezeichnet den Bezug zur Analyse von Medien als charakteristisch für Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2016, S. 13f). Weitere Charakteristika einer qualitativen Inhaltsanalyse sind nach Kuckartz (2016): eine kategoriebasierte Vorgehensweise, systematisches Vorgehen mit festgelegten Regeln für die einzelnen Schritte, Kategorisierung der gesamten Daten und die von der Hermeneutik inspirierte Reflexion über die Daten. Zur Auswertung der Beobachtungsbögen wurde zunächst in einer initiierenden Textarbeit eine Übersicht über die erhaltenen Daten gewonnen. Im Anschluss fand die Entwicklung des Kategoriensystems (siehe 5.2.3.1) statt. Wenn bei einer Datenerhebung strukturierende Mittel eingesetzt werden, dienen diese häufig als Ausgangspunkt zur Kategorienbildung (Kuckartz, 2016). Daher habe ich aus dem Beobachtungsbogen direkt A-priori-Kategorien abgeleitet. Diese wurden im Prozess der Auswertung am Material und im Bezug zur Forschungsfrage weiterentwickelt. Diekmann (2007, S. 589) beschreibt als zentrale Anforderungen an A-priori-Kategorien, dass diese disjunkt und erschöpfend sein sollen. Nach Kuckartz (2016) zeigt sich allerdings in der Praxis, dass Kategorien Überlappungen aufweisen können.

Gebrauchstauglichkeit, Didaktisches Design und Fachinhalt bilden dabei die drei Hauptkategorien. Die finale Darstellung des gesamten Kategoriensystems ist den Ergebnissen (5.2.3.1) zu entnehmen. Im nächsten Schritt wurden die gesamten Daten kodiert. In der kategoriebasierten Auswertung werden die Ergebnisse dargestellt. In diesem Prozess wurde in jedem Schritt der Bezug zur Forschungsfrage hergestellt und immer wieder Iterationsschritte und Feedbackschleifen eingebaut.

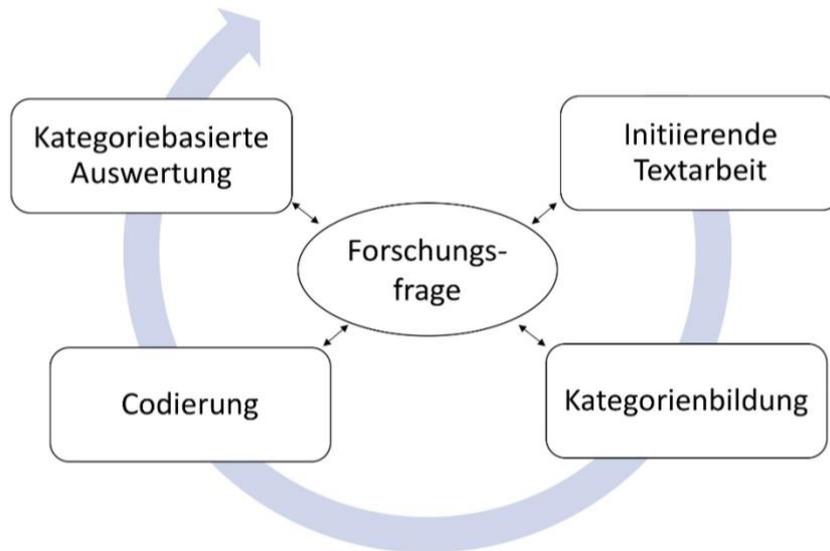


Abbildung 9: Ablaufschema der qualitativen Inhaltsanalyse in Anlehnung an Kuckartz (2016)

Die Ergebnisse aus der qualitativen Auswertung der einzelnen Erhebungsmethoden werden vernetzt betrachtet. Dies stellt die Grundlage zur Beantwortung der Forschungsfragen dar.

# 5. Materialgenese

In diesem Kapitel wird die Entstehung des Unterrichtsmaterials dargestellt. Die Gliederung folgt dem Schema, dass für die jeweils aktuell behandelte Version des Materials zunächst die zugehörige Planungsphase bzw. die Evaluationsphase der Vorgänger Version dargestellt wird, die zur Weiterentwicklung der aktuell diskutierten Version führte. Im Anschluss wird diese Version dargestellt. Dabei wird die aktuell dargestellte Version zunächst in Form eines Fließtextes beschrieben. Anschließend werden die einzelnen Aufgaben mit ihren Lernzielen in tabellarischer Form ausgeführt. Abschließend werden exemplarisch zwei Aufgaben der jeweiligen Version erläutert, um einen konkreten Eindruck des Materials und dessen Veränderung zu gewinnen. Die Arbeitsblätter des Materials von Version 2 sowie die zugehörigen Lösungen sind im Anhang zu finden.

## 5.1. Material – Version 1

Eine Planungs- und Entwicklungsphase führten zur Entstehung der Version 1 des Unterrichtsmaterials. Diese Version wurde einer ersten Überprüfung durch die Methode des „Lauten Denkens“ unterzogen, wobei Aspekte für eine Weiterentwicklung exploriert wurden. Die folgende Abbildung dient der Orientierung im Prozess der Materialentwicklung und hebt die in diesem Kapitel dargestellte Phase hervor.

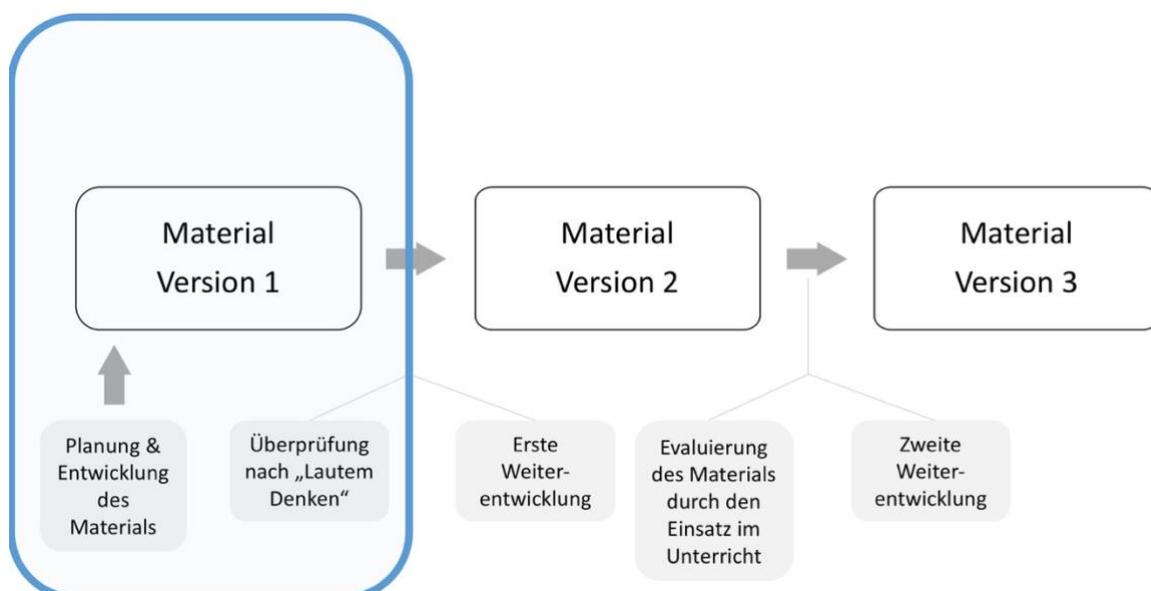


Abbildung 10: Schematischer Ablauf der Materialentwicklung – Fokus auf Version 1

### 5.1.1. Planung des Materials

Zu Beginn steht das zentrale Ziel, ein Lehr- Lernarrangement mit bestimmten Design-Prinzipien zum Thema Modelle bzw. Lernen über Modelle für die 5. und 6. Schulstufe zu entwickeln. Das Design-Prinzip ist durch den Rahmen der Lernschachtel (siehe Kapitel 3.1) gegeben. Der Fokus liegt auf der Entwicklung von praxisrelevanten Material, das sowohl die Kriterien einer Lernschachtel und eines Lernschachtelunterrichts erfüllt als auch fachdidaktischen Ansprüchen zum Modellbegriff gerecht wird.

Nach den Kriterien an eine Lernschachtel, soll es möglich sein, das Unterrichtsmaterial in einer Doppelstunde zu bearbeiten. Aufgrund der Annahme, dass die Lernenden in dieser Schulstufe zum ersten Mal explizit mit Modellen bzw. einem Lernen über Modelle in Kontakt kommen, kann das Ziel nicht sein, ein elaboriertes Modellverständnis zu erlangen. Dazu müssen kontinuierliche und längerfristige Lernprozesse gestaltet werden (Leisner-Bodenthin, 2006). Vielmehr ist das Ziel, eine Anbahnung zu einem tragfähigen Modellbegriff zu erreichen. Damit wird dem Anspruch von Mikelskis-Seifert & Fischler (2003) gefolgt, Modellbewusstsein bereits im Anfangsunterricht zu fördern. Dass von Mikelskis-Seifert (2004) dargestellte Konzept von Lernen über Modelle dient dabei als Vorbild, wobei die Ausbildung eines metakonzeptuellen Wissens über Modelle eine zentrale Rolle spielt. Im Zuge der Bearbeitung sollen Lernprozesse angeregt und eingeleitet werden, die das Modellverständnis von SchülerInnen fördert. Das Modellverständnis ist Teil von Modellkompetenz und lässt sich nach dem Modell von Leisner-Bodenthin (2006) dem deklarativen Wissen zuschreiben.

In der ersten Phase der Planung wurde eine Spezifizierung und Strukturierung des Lerngegenstands für die Entwicklung des Materials angestellt. Für die fachdidaktische Aufarbeitung des Lerninhalts, habe ich zunächst die Rolle von Modellen im naturwissenschaftlichen Forschungsprozess betrachtet, um zu klären, wie sich ein elaboriertes Modellverständnis darstellen lässt. Dabei sind epistemologische Aspekte zentral. In weiterer Folge habe ich fachdidaktische Konzepte zum Modellbegriff in den Naturwissenschaften analysiert. Dabei stellt sich Modellkompetenz und Modellverständnis, als Teilgebiet von Modellkompetenz, als ein zielführendes Konzept heraus. Darüber hinaus habe ich Vorstellungen von SchülerInnen aus empirischen Untersuchungen analysiert und den Levels des Modellverständnisses nach Terzer & Upmeier zu Belzen (2007) zugeteilt. Diese Vorstellungen sind in Kapitel 1.4 dargestellt. Die erhobenen SchülerInnenvorstellungen von Grosslight et al. (1991), Terzer & Upmeier zu Belzen (2007) und Trier & Upmeier zu Belzen (2009) reichen von der 7. bis zur 13. Schulstufe. Diese SchülerInnen waren somit implizit

bereits häufiger mit Modellen im Unterricht konfrontiert als SchülerInnen der 5. bzw. 6. Schulstufe. Aufgrund mangelnder Existenz empirischer Untersuchungen zu Vorstellungen von Lernenden der 5. und 6. Schulstufe, habe ich die in Kapitel 1.4 dargestellten Daten für die Materialentwicklung herangezogen. Zu jenen Levels des Modellverständnisses, von denen sich bei der Betrachtung der SchülerInnenvorstellungen zeigte, dass sie häufig vertreten waren, wurden von mir potentiell Lernziele (Tabelle 3) entwickelt. Die Formulierungen sind dabei so zu verstehen, dass die angeführten Aussagen für SchülerInnen nachvollziehbar werden sollen.

	Level 1	Level 2	
MV1	Modelle sind 3D Nachbauten eines Originals.		
MV2	Modelle unterscheiden sich vom Original in der Größe.	Modelle unterscheiden sich vom Original in Farbe, Form, Funktion etc.	Modelle weisen nur bestimmte Eigenschaften eines Originals auf.
MV5	Mit Modellen kann man etwas veranschaulichen.	Mit Modellen kann man etwas erklären.	
MV6	Man kann Modelle selber bauen.		
MV7		Zu einem Original kann es verschiedene Modelle geben.	Multiple Modelle können sinnvoll sein, um verschiedene Aspekte eines Originals besser darzustellen.

Tabelle 3: In der Planung formulierte Lernziele des Unterrichtsmaterials, dargestellt nach den Levels des Modellverständnisses von (Terzer & Upmeyer zu Belzen, 2007). MV1: Modellbegriff; MV2: Unterschiede zwischen Modell und Original; MV5: Zweck von Modellen; MV6: Modellkonstruktion; MV7: Veränderbarkeit von Modellen und Multiple Modelle.

Da sich bei den oben angeführten Vorstellungen von SchülerInnen zeigt, dass auch in höheren Klassenstufen Modellverständnis kaum auf Level 3 ausgeprägt ist, wurden die Ziele des Lernmaterials zunächst auf maximal Level 2 Niveau ausformuliert. An dieser Stelle ist wichtig zu erwähnen, dass die hier angeführten Ziele nicht gleichzusetzen sind mit einem erlangten Verständnis. Das bedeutet, wenn bei der Bearbeitung einer Aufgabe ein Lernziel erreicht wird, das noch nicht zwingend damit einhergeht, dass Modellverständnis auf diesem Level auch erworben wurde. Die Aufgaben sind so gestaltet, dass sie zum Aufbau und nicht zum Prüfen von Modellverständnis dienen.

### 5.1.2. Darstellung des Materials – Version 1

Für die konkrete Gestaltung des Unterrichtsmaterials habe ich zunächst bereits vorhandene Unterrichtskonzepte aus der Literatur betrachtet. Dabei stellte sich die Ausführung über naturwissenschaftliche Arbeitsweisen für die Grundschule von Mikelskis-Seifert (2004), die in Kapitel 1.5 ausführlich erläutert wird, als nützliche Grundlage für eine inhaltliche Strukturierung dar. Der Ablauf folgt dabei den von Mikelskis-Seifert (2005) beschriebenen ersten beiden Stufen eines Unterrichtsgangs zum Lernen über Modelle: (1) Einführung in die Modellproblematik und (2) Übergang in die modellierenden Bereiche. Die detaillierte Auflistung der einzelnen Aufgaben sowie deren Ziele auf inhaltlicher Ebene sind in Tabelle 4 angeführt.

Durch die Gestaltung von Aufgaben, die den Übergang zu den modellierenden Bereichen herstellen, habe ich Ziele formuliert, die einem Modellverständnis auf Level 3 entsprechen. Die Erweiterung der Ziele aus der Planungsphase, die über eine Level 2 Zuordnungen nicht hinausgehen, auf eine Level 3 Ebene, sehe ich darin begründet, dass den SchülerInnen die Möglichkeit zu einer Auseinandersetzung mit Modellen in diesem Bereich geboten werden sollte, um dem Ziel des Materials, der Anbahnung zu einem tragfähigen naturwissenschaftlichen Modellbegriff, gerecht zu werden.

Die inhaltliche Struktur des Materials orientiert sich an den von Mikelskis-Seifert (2004) formulierten Tätigkeiten von „Vereinfachen und Auswählen“ hinzu „Vermuten und Annehmen“ aus dem Unterrichtskonzept zum Lernen der naturwissenschaftlichen Arbeitsweise in der Grundschule (siehe Kapitel 0). Das von Mikelskis-Seifert beschriebenen Konzept ist als Lehrgang für SchülerInnen gestaltet, welcher ausführliche Textpassagen sowie Arbeitsaufträge und Aufgaben enthält. Um die Struktur in die Lernschachtel zu integrieren, habe ich einführende Worte zu den einzelnen Aufgaben, die als Motivation zur Bearbeitung dienen sollen, und Übergänge zwischen zwei Aufgaben, die im ursprünglich designten Unterrichtskonzept von Mikelskis-Seifert sehr umfangreich formuliert sind, in Form von kürzeren Textpassagen gestaltet.

Bei der konkreten Umsetzung wird in der Einstiegsaufgabe auf die Unterscheidung zwischen Erfahrungs- und Modellwelt eingegangen. In weiterer Folge werden Modelle aus dem Alltag der Lernenden aufgegriffen, wie etwa eine Modelleisenbahn, oder Modellautos, anhand derer einige Charakteristika von Modellen erarbeitet werden sollen. Anschließend sollten SchülerInnen die Möglichkeit erhalten, ein Modell selbst zu bauen. Dadurch sollten Aspekte der Modellbildung aus erster Hand erfahren werden. Als nächstes werden gegenständliche

Modelle aus der Naturwissenschaft behandelt. Dazu zählt ein Globus, ein Skelett-Modell und die graphische Darstellung von Modellen des Sonnensystems. Die letztgenannte Aufgabe ist mit einem höheren Abstraktionsgrad verbunden, da nun mit keinen gegenständlichen Modellen gearbeitet wird, sondern mit den Abbildungen von gegenständlichen Modellen. Aufgrund des höheren Schwierigkeitsgrades ist diese Aufgabe mit einem Stern (\*) als Zusatzaufgabe gekennzeichnet. Den Abschluss stellen eine Einführung sowie zwei Aufgaben zum Kennenlernen von Denkmodellen dar. Um den SchülerInnen eine Gelegenheit zu bieten, Erkenntnisse aus vorangegangenen Aufgaben zu den Aspekten „Vereinfachen und Auswählen“ und „Vermuten und Annehmen“ aufzuarbeiten und zu festigen, sind zwei Beispiele mit dem Titel „Prüfe dein Wissen“ eingebaut.

Um lernförderliche Anknüpfungspunkte herzustellen, wurde versucht, die Fachinhalte in sinnstiftende authentische Kontexte einzubetten. Somit sollten Lernprozesse angeregt werden, die einen tragfähigen Vorstellungsaufbau fördern. Damit die Lernaufgaben ein ansprechendes didaktisches Design aufweisen, wurden Aufgaben konstruiert, die von anregenden Materialien begleitet werden, wie Modelleisenbahnen, Modellautos, Lego-Bausteine zum Konstruieren einer Modellbrücke, ein Globus, ein Modellskelett und eine Black-Box. Zusätzliche methodische Vielfalt sollte durch Zuordnungsaufgaben mit Magnetkärtchen und einem Nagelbrett erreicht werden. Außerdem wurde darauf geachtet, dass die vorkommenden Themen bzw. Modelle den SchülerInnen aus ihrer Lebenswelt bekannt sein würden.

## Aufgaben des Materials der Version 1

In der folgenden Tabelle sind die einzelnen Aufgaben des Materials der Version 1 inklusive der dazu formulierten Lernziele, die den Levels des Modellverständnisses nach Terzer & Upmeyer zu Belzen (2007) zugeordnet wurden, dargestellt. Die Formulierungen der Lernziele als Aussagen sind dabei wieder so zu verstehen, dass diese für SchülerInnen nachvollziehbar werden sollen.

Aufgabe	MV	Level
<b>1. Die Erfahrungswelt</b>		
Bestimmte Arbeits- und Denkweisen, wie das Beobachten und das Beschreiben, sind unmittelbar wahrnehmbar und zählen zur Erfahrungswelt. Neben der Erfahrungswelt gibt es eine geschaffene Welt, die Modellwelt.	-	-
<b>2. Die Modelleisenbahn</b>		
Modelle sind 3D Nachbauten von einem Original.	1	1
Modelle unterscheiden sich vom Original (Aussehen, Funktion). Modelle haben gewisse Eigenschaften vom Original.	2	1,2
Zu einem Original, kann es verschiedene Modelle geben.	7	2
<b>3. Modellautos im Vergleich</b>		
Modelle sind 3D Nachbauten von einem Original.	1	1
Modelle unterscheiden sich vom Original (Aussehen, Funktion). Modelle haben gewisse Eigenschaften vom Original.	2	2
Unterschiede in verschiedenen Modellen haben einen Zweck.	5	1,2
Multiple Modelle können sinnvoll sein (um verschiedene Aspekte eines Originals darzustellen).	7	2
<b>4. Die Modellbrücke</b>		
Modelle unterscheiden sich vom Original (Aussehen, Funktion). Modelle haben gewisse Eigenschaften vom Original. Modelle haben Eigenschaften, die das Original nicht hat.	2	2
Mit Modellen kann man etwas veranschaulichen. Mit Modellen kann man etwas erklären.	5	1, 2
Man kann ein Modell selber bauen bzw. konstruieren. Bei der Modellkonstruktion werden Aspekte des Originals ausgewählt und diese vereinfacht dargestellt.	6	1, 2
<b>5. Der Globus</b>		
Mit Modellen kann man Naturerscheinungen veranschaulichen. Mit Modellen kann man Naturerscheinungen erklären.	5	1, 2
<b>6. Das Skelett-Modell</b>		
Mit Modellen kann man Naturerscheinungen veranschaulichen. Mit Modellen kann man Naturerscheinungen erklären.	5	1, 2

<b>7. Modelle des Sonnensystems*</b>		
Modelle unterscheiden sich vom Original (Aussehen, Funktion). Modelle haben gewisse Eigenschaften vom Original. Modelle haben Eigenschaften, die das Original nicht hat.	2	2
Mit Modellen kann man Naturerscheinungen veranschaulichen. Mit Modellen kann man Naturerscheinungen erklären.	5	1, 2
<b>Modelle: Vereinfachen und Auswählen - Prüfe dein Wissen</b>		
Modelle haben gewisse Eigenschaften vom Original.	2	2
Modelle werden für einen bestimmten Zweck gebaut. Mit Modellen kann man etwas veranschaulichen. Mit Modellen kann man etwas erklären.	5	1, 2
<b>Modelle in den Naturwissenschaften: Unbekanntes erforschen</b>		
Modelle können theoretische Rekonstrukte auf Grundlage einer Vorstellung sein (Denkmodell).	1	3
<b>8. Die Black-Box</b>		
Modelle können theoretische Rekonstrukte auf Grundlage einer Vorstellung sein (Denkmodell). Modelle können 2D-Skizzen sein. Beim Entzug der Wahrnehmung eines Phänomens, ist ein Modell die beste „Lösung“, die man bekommen kann.	1	2, 3
Mit Modellen kann man Erkenntnisse gewinnen. (im naturwissenschaftlichen Kontext - etwas Unbekanntes erforschen).	5	3
Um ein Denkmodell zu konstruieren, muss man aufschlussreiche Untersuchungen durchführen. Man kann Modelle von einem Phänomen in Form von 2D-Modelle skizzieren.	6	3
Zu einem Original können zwei verschiedene ForscherInnen unterschiedliche Modelle bilden. Durch Kommunikation mit anderen ForscherInnen kann man sein Modell weiterentwickeln.	7	3
<b>9. Der mysteriöse Würfel*</b>		
Mit Modellen kann man Erkenntnisse gewinnen (im naturwissenschaftlichen Kontext - etwas Unbekanntes erforschen). Mit (Denk-)Modellen kann man etwas vorhersagen.	5	3
Um ein Denkmodell zu konstruieren, muss man aufschlussreiche Untersuchungen durchführen.	6	3
<b>Modelle: Vermuten und Annehmen – Prüfe dein Wissen</b>		
Mit Modellen kann man Erkenntnisse gewinnen. (im naturwissenschaftlichen Kontext - etwas Unbekanntes erforschen).	5	3

Tabelle 4: Auflistung der Aufgaben der Version I des Materials mit den zugehörigen Lernzielen.

## Exemplarische Darstellung der Version 1

Um einen besseren Eindruck über Aufgaben zu bekommen und um den Entwicklungsprozess ausgewählter Aufgaben verdeutlichen zu können, werden nun exemplarisch aus Version 1 des Materials die Aufgaben „Der Globus“ und „Die Black-Box“ dargestellt und anschließend erläutert:

Die Modelle aus dem Alltag, die wir bis jetzt besprochen haben, werden oft als Spielzeug verwendet, weil sie so ähnlich aussehen wie ihr Original. Wir haben aber auch schon herausgefunden, dass man mit Modellen etwas erklären kann.

Genau aus diesem Grund, werden Modelle auch verwendet, um die Natur zu beschreiben. Denn wenn wir die Natur betrachten, gibt es Dinge, die beispielsweise so groß sind, dass wir sie als Ganzes nicht sehen können. Dabei haben sich Modelle als nützlich erwiesen, um sich diese Dinge veranschaulichen und erklären zu können.

### 5. Der Globus

Du kennst sicherlich einen Globus und weißt, dass dieser ein Modell für die Erde ist. Nimm dir den Globus aus der Klasse zur Hand.

In der Lernwerkstatt findest du einen Globus.



Du befindest dich auf der Erde. Vor dir steht der Globus. Der Globus ist ein Modell von der Erde. Was kann dir der Globus zeigen, was du sonst nicht so einfach sehen kannst?

.....

.....

.....

.....

.....



Die Erde ist sehr groß und rund und dreht sich um die eigene Achse. Das merkst du so gar nicht, oder? Der Globus hilft dir eine bessere Vorstellung von der Erde zu bekommen. Du siehst die Lage und die Größe der Kontinente und der Ozeane. Der Globus hilft dir die Erde zu veranschaulichen.

## 8. Die Black-Box

Damit du verstehen kannst, was ein Wissenschaftsmodell ist und wie es verwendet wird, wollen wir uns jetzt eine Box ansehen, in die du nicht hineinschauen kannst. Man nennt so etwas eine Black-Box.

In der Black-Box ist eine Kugel und eingebaute Wände. Du sollst nun beschreiben, wie das Innere der Box aussieht. Das ist nicht so leicht, weil du ja nicht hineinschauen kannst. Aber wenn du die Black-Box schwenkst, kannst du Geräusche hören. So kannst du die Black-Box untersuchen und eine Vermutung aufstellen, wie sie Innen aussieht.

Die Black-Box (A) und Black-Box (B)  
findest du in der Schachtel!



Wenn ihr zu zweit seid, arbeitet jetzt nicht gemeinsam, sondern jeder soll alleine ein Wissenschaftsmodell erstellen:

1. **Beobachte** und untersuche die beiden Black-Boxen.
2. Entwickle eine **Idee**, wie die beiden Black-Boxen aussehen könnten.
3. Aufgrund dieser Idee **zeichne eine Skizze** auf ein Blatt Papier, wie die Black-Boxen deiner Vermutung nach Innen aussieht. Das ist dann dein Wissenschaftsmodell.

Wenn ihr zu zweit seid, arbeitet jetzt wieder gemeinsam:

4. Vergleicht eure beiden gezeichneten Wissenschaftsmodelle.
5. Besprecht sie und **einigt euch** für jede Black-Box auf ein **gemeinsames Wissenschaftsmodell**.  
Zeichnet dieses wieder auf ein Blatt-Papier.

Da wir das Innere nicht sehen können, können wir auch nie wissen, ob das erstellte Modell richtig oder falsch ist. Deshalb ist es wichtig, mit andern Wissenschaftlern zu reden, um sein eigenes Modell vergleichen und prüfen zu können. So kann man ein Modell verändern und verbessern.

MERKE



Wissenschaftsmodelle werden in den Naturwissenschaften durch Ideen aufgestellt, bei denen man Vermutungen macht, um Phänomene erklären und verstehen zu können. Somit können Forscher neue Sachen herausfinden.

Die Aufgabe „Der Globus“ ist angelehnt an ein Beispiel von Mikelskis-Seifert (2004). Als einleitender Text ist eine kurze Zusammenfassung von Erkenntnissen, die aus den vorhergegangenen Aufgaben erarbeitet werden sollten und eine inhaltliche Hinführung zu der Aufgabe „Der Globus“ angeführt. SchülerInnen sollen bei dieser Aufgabe erkennen, dass Naturerscheinungen mit Modellen veranschaulicht und erklärt werden können (Zweck von Modellen MV5: Level 1 bzw. Level 2). In der am Arbeitsblatt unten angeführten Textbox ist zusammengefasst, welche Erkenntnis aus diesem Beispiel gezogen werden soll. Dies soll zu einer Ergebnissicherung beitragen.

Die Idee zur Aufgabe „Die Black-Box“ stammt ebenso von Mikelskis-Seifert (2004). In dem einleitenden Satz des Arbeitsblattes wird Bezug zu der vorangegangenen Aufgabe „Modelle in den Naturwissenschaften: Unbekanntes erforschen“ genommen. Dabei wird erläutert, dass man beim Erforschen der Natur auf Phänomene trifft, für die man nicht sofort eine Erklärung finden kann, wenn sich Teile davon unserer Wahrnehmung entziehen. Forschende Personen in den Naturwissenschaften entwickeln in diesem Fall ein Denkmodell, bei dem sie Vermutungen aufstellen. Aus dem Denkmodell erstellen sie eine Repräsentationsform, ein Anschauungsmodell. Dieser Prozess entspricht der Rolle von Modellen wie sie im Kapitel 1.1.2. (Modelle als zentrales Werkzeug in den Naturwissenschaften) beschrieben wird. Um für eine Komplexitätsreduktion der Begrifflichkeiten zu sorgen, wurde für „Denkmodell“ als Synonym der Begriff „Idee“ und für „Anschauungsmodell“ der Begriff „Wissenschaftsmodell“ verwendet.

Bei der Aufgabe „Die Black-Box“ sollten SchülerInnen die eben angeführte heuristische Rolle von Modellen in Partnerarbeit durch eigenständige Modellbildung in Erfahrung bringen (Modellbegriff MV1: Level 2 und Level 3; Zweck von Modellen MV5: Level 3). Außerdem sollte im Setting der Partnerarbeit der Prozess der Konsensbildung bei der Modellbildung erlebt werden (Modellkonstruktion MV6: Level 3; Veränderbarkeit und multiple Modelle MV7: Level 3). Mit der am Arbeitsblatt angeführten Aussage, dass es in diesem Prozess weder ein richtiges noch falsches Modell gibt, wird die „Lösung“ somit bereits erwähnt. Weiters soll die gelb hinterlegte „Merke-Box“ zentrale Aspekte der Aufgabe hervorheben.

### 5.1.3. Erste Überprüfung nach der Methode des „Lauten Denkens“

Bei der ersten Überprüfung des Materials durch FachdidaktikerInnen wurden Aspekte aufgesucht, die zur Weiterentwicklung des Materials dienen sollten. Die dabei erzielten Ergebnisse hinsichtlich der Eignung werden in den Kategorien Text, Struktur, Material, Inhalt und Aktivität dargestellt.

#### Text

Als wesentlicher Kritikpunkt wurde herausgearbeitet, dass das Material zu viel Text enthält. Einige Textpassagen sind zu lange und in ihrer Komplexität nicht für die SchülerInnen geeignet. Nach Einschätzung der Forschungsgruppe sollte es möglich sein, das Textvolumen um etwa ein Drittel zu reduzieren. Dabei könnte der Einsatz von Symbolen als hilfreiches Medium genutzt werden. Weiters wurden Begriffe wie z.B. Erkenntnis, Phänomen oder 3D-Realität als potentiell unbekannt und schwierig für SchülerInnen herausgearbeitet. Die Schriftgröße war in einigen Fällen zu klein gestaltet. Insbesondere Hinweistexte (Aktionsaufforderung) wurden von den TeilnehmerInnen aufgrund mangelnder Größe übersehen.

#### Struktur

Übergänge zwischen den Aufgaben waren nicht deutlich erkennbar: „Wann hört eine Aufgabe auf?“, „Wo fängt die nächste Aufgabe an?“, „Gehört dieser Teil noch zu einer Aufgabe oder ist es Informationstext?“. Als Verbesserungsvorschlag wurde genannt, dass jedes Beispiel am Anfang einer Seite beginnen sollte. Zusätzlich waren die beiden „Prüfe dein Wissen“ Aufgaben (Modelle: Vereinfachen und Auswählen; Modelle: Vermuten und Annehmen) nicht nummeriert. Somit konnte auch aus dem Inhaltsverzeichnis keine eindeutige Struktur ersichtlich werden. Es stellte sich für mich heraus, dass das Inhaltsverzeichnis als wichtiges Medium zur Orientierung benötigt wird. Des Weiteren kam der Einwand, dass im Falle von Symbolanwendung eine Symbolerklärung in Form einer Legende zu Beginn des Arbeitsmaterials zu finden sein müsse. Infotexte waren nicht einheitlich designt (gelbe und weiße Kästchen mit Glühbirne) somit war die Bedeutung für die TeilnehmerInnen nicht deutlich erkennbar. Die Aufgaben wurden erst nach Bearbeitung des gesamten Materials mit der Lösung verglichen. Für die TeilnehmerInnen war nicht zu erkennen, dass ein Vergleichen mit der Lösung bereits nach jeder abgeschlossenen Aufgabe erwünscht gewesen wäre. Aus diesem Grund sollten Hinweise der Form „Vergleiche mit der Lösung“ auf den Arbeitsblättern eingebaut werden.

## Material

Als positiv wurde die Vielzahl an gegenständlichen Modellen zu den jeweiligen Aufgaben gesehen. Die TeilnehmerInnen zeigten positive Emotionen beim Hantieren damit. Weiters wurde die Methode mit den Magnetkärtchen für Zuordnungsaufgaben positiv aufgefasst. Von den TeilnehmerInnen wurde angemerkt, dass beim Einsatz eines methodisches Werkzeuges wie dem Nagelbrett (Aufgabe „Modellautos“), dieses nicht nur für ein Beispiel zur Verwendung kommen soll. Daher sollte dieses Instrument entweder öfters eingesetzt oder ersetzt werden. Zu den vorkommenden Abbildungen in den Arbeitsblättern äußerten die TeilnehmerInnen, dass diese zum einen als wenig relevant gesehen werden, wenn der Inhalt nicht konkret mit einer Aufgabe verknüpft ist (Aufgabe „Die Erfahrungswelt). Zum anderen erschienen ihnen gewissen Abbildungen (Aufgabe „Modelle in den Naturwissenschaften: Unbekanntes erforschen) nicht aussagekräftig.

## Inhalt

Bei der Bearbeitung wurde der geplante rote Faden (Kennenlernen der Modellwelt: vom „Vereinfachen und Auswählen“ hin zu „Vermuten und Annehmen“) für die TeilnehmerInnen nicht in gewünschtem Ausmaß ersichtlich. Für eine bessere Nachvollziehbarkeit, welche Erkenntnisse wichtig sind, sollten diese außerdem nicht nur zwischen den Beispielen als Infotext bzw. in „Prüfe dein Wissen“-Aufgaben eingebaut werden, sondern sich auch in einer abschließenden Zusammenfassung widerfinden. Die Abwandlung des Begriffes „Denkmodell“ zu „Idee“ und von „Anschauungsmodell“ zu „Wissenschaftsmodell“ wurde von den TeilnehmerInnen als nicht geeignet eingestuft. Es wurde diesbezügliche eine Veränderung angeraten.

## Aktivität

Die TeilnehmerInnen befanden sich in einem zu hohen Ausmaß in reiner Leseaktivität. Sie empfanden Freude und Spaß bei der Bearbeitung der Aufgaben, wenn sie dabei in Handlungs- bzw. Arbeitsaktivität kamen. Abschnitte, in denen keine Arbeitsaufträge für die TeilnehmerInnen ersichtlich waren, boten keinen Anreiz zum Durchlesen und wurden somit als nicht relevant angesehen.

## 5.2. Material – Version 2

Die Weiterentwicklung des Materials zur Version 2 basiert auf den Ergebnissen der ersten Überprüfung nach der Methode des „Lauten Denkens“. Eine anschließende Evaluierung der Version 2 durch den Einsatz im Unterricht soll Aufschlüsse über die Eignung für den Einsatz hervorbringen.

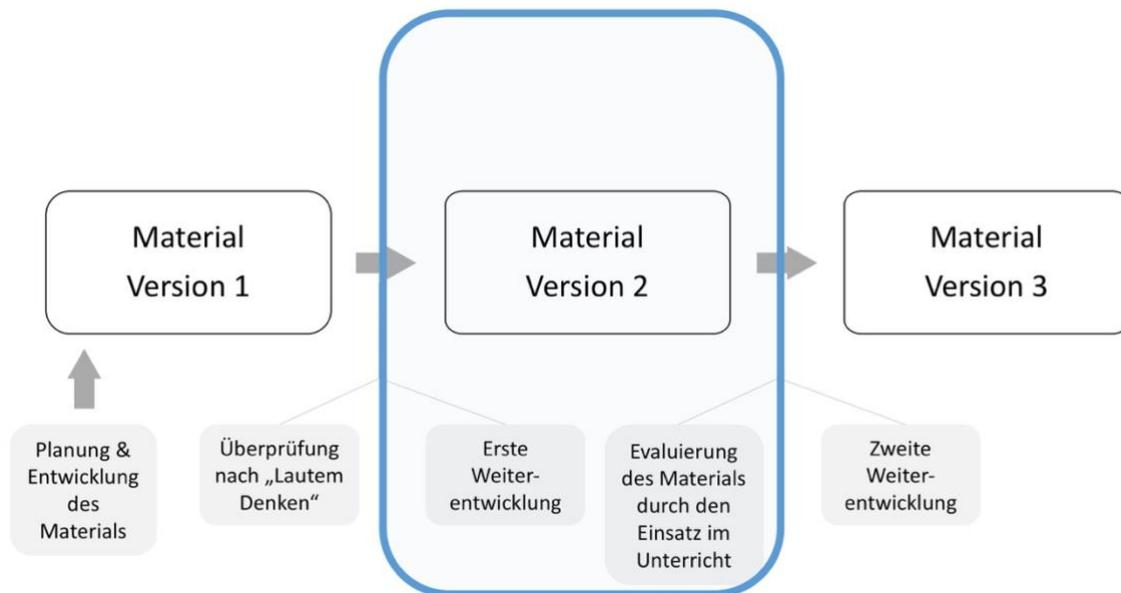


Abbildung 13: Schematischer Ablauf der Materialentwicklung - Fokus auf Version 2

### 5.2.1. Erste Weiterentwicklung des Unterrichtsmaterials

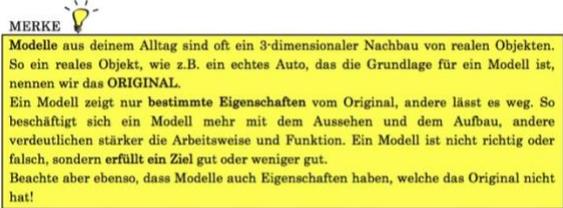
Die Ergebnisse der ersten Überprüfung nach der Methode des „Lauten Denkens“ brachten hervor, dass eine Weiterentwicklung in den Bereichen Text, Struktur, Material, Inhalt und Aktivität sinnvoll erscheint.

Eine der wichtigsten Veränderungen stellt die Textreduktion dar. Um dies zu erreichen, habe ich die inhaltliche Strukturierung, die eine starre Anlehnung an das Unterrichtskonzept von Mikelskis-Seifert (2004) vorwies, überarbeitet. Die strukturierte Vorgehensweise zur Erarbeitung der Aspekte des „Vereinfachen und Auswählen“ und „Vermuten und Annehmen“ wurde aufgelöst. Diese Aspekte geben in Version 2 somit nicht mehr die Struktur vor, sondern finden sich nur noch implizit in den Aufgabenstellungen wieder. Für die Strukturierung habe ich stattdessen den Fokus auf die Lernziele der einzelnen Aufgaben gesetzt. Die inhaltliche Struktur wurde schlanker gestaltet, so dass die Beispiele eine Essenz zu den geplanten Lernzielen darstellen. Auf einführende Worte zu den Aufgaben, die als Motivation zur

Bearbeitung dienen, und auf Übergänge zwischen zwei Aufgaben konnte dadurch verzichtet werden. Somit habe ich zudem die, für die SchülerInnen als schwierig eingestuften Begriffe wie Erkenntnis, Phänomen oder 3D Realität umgehen können. Außerdem habe ich durch das Weglassen von einleitenden Textpassagen zu den Beispielen neben der Textreduktion eine Umwandlung der Aufgaben von einer eher deduktiv orientierten zu einer induktiv orientierten Arbeitsweise erreicht. Abbildungen, die abstrakte Sachverhalte darstellen sollten (wie der Prozess zur Erstellung eines Denkmodells in der Aufgabe „Modelle in den Naturwissenschaften: Unbekanntes erforschen“) konnten aufgrund der schlanker gestalteten inhaltlichen Struktur weggelassen werden.

Wichtige Sachinhalte, die in Version 1 in Form von Informationstext dargestellt waren, wurden nun überwiegend in Aufgaben eingebettet. Somit sollte parallel dazu eine Bewegung von reiner Leseaktivität (rezeptives Lernen) hinzu Handlungsaktivität (produktives Lernen) bewerkstelligt werden. Wichtige Sachinhalte bzw. Lernziele zu den Aufgaben „Die Modelleisenbahn“ und „Modellautos im Vergleich“ wurde in Version 1 als rein Informationstext dargestellt. In Version 2 wird der Inhalt nun in eine Aufgabe integriert (siehe Abbildung 14).

Version 1



Version 2



Abbildung 14: Veränderung von Version 1 zu Version 2 hinsichtlich von Informationstext zu einem Arbeitsauftrag

Verbleibende Informationstexte wurden einheitlich als gelb hinterlegte „Merke-Box“ oder auf den Lösungsblättern dargestellt.

Eine weitere Maßnahme war der Einsatz von Symbolen und Piktogrammen. Somit konnte das Textvolumen reduziert und gleichzeitig das Zurechtfinden in der Aufgabenstellung für SchülerInnen erleichtert werden. Am Ende der einzelnen Aufgaben findet nun ein Symbol zu „Vergleiche mit der Lösung“ Platz. So soll dazu beigesteuert werden, dass die SchülerInnen im

Verlauf der Bearbeitung einen Kenntnisfortschritt erlangen. Dies führt ebenso zu einer Vereinheitlichung der Darstellungsform der Aufgaben. Als weitere Maßnahme erscheint jede Aufgabe in einem einheitlichen Design auf einem eigenen Arbeitsblatt, welches am Seitenanfang mit einer Nummerierung und dem Aufgabentitel versehen ist. Somit wurden die Übergänge von einem Beispiel zum nächsten deutlich erkennbar.

Für eine Zusammenfassung und Ergebnissicherung der wichtigsten Inhalte wurde das letzte Beispiel als Selbstüberprüfungsaufgabe gestaltet, dass sich die SchülerInnen in ihre Lernwerkstatt-Mappe einordnen können.

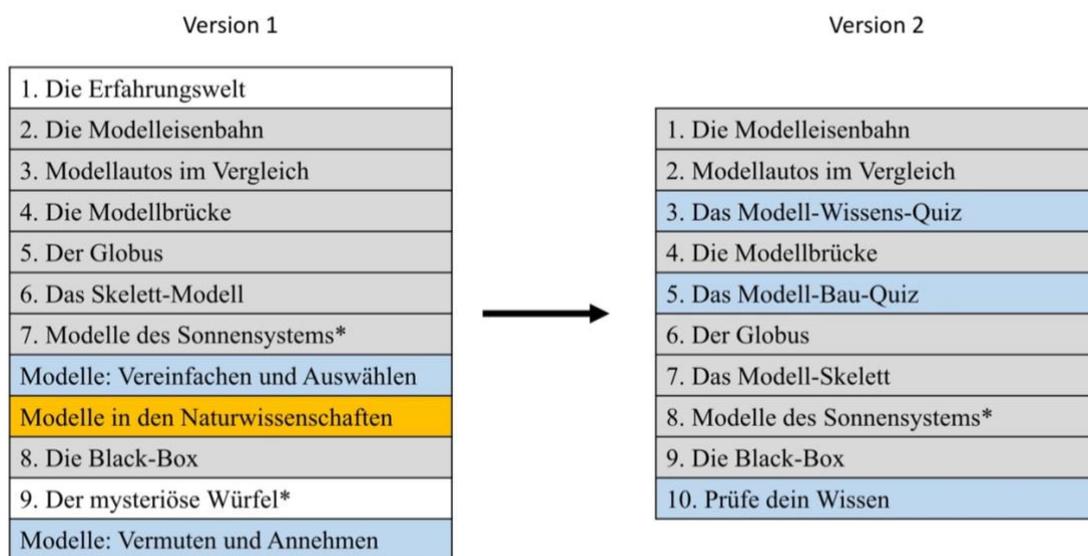


Abbildung 15: Veränderung der Aufgabenstruktur von Version 1 zu Version 2

In

Abbildung 15 wird der Veränderungsprozess von Version 1 zur Version 2 schematisch dargestellt. Grau markierte Felder stellen Aufgaben dar, die sowohl in Version 1 als auch in Version 2 vorkommen. Die beiden Aufgaben, die weiß hinterlegt in Version 1 vorkommen, wurden in Version 2 nicht mehr eingebaut. Die Aufgabe „Die Erfahrungswelt“ wurde aufgrund der Strukturveränderung in Version 2 nicht mehr benötigt. In der 1. Testung mit der Methode des Lauten Denkens zeigte sich, dass eine Bearbeitung des Materials für SchülerInnen in der vorgegebenen Zeit knapp werden könnte. Daher wurde aufgrund von Zeitersparnis „Der mysteriöse Würfel“ als Aufgabe in Version 2 nicht mehr integriert.

Blau markierte Felder stellen Aufgaben der Form „Prüfe dein Wissen“ dar. In Version 1 waren diese Aufgaben nicht nummeriert, was in Version 2 geändert wurde. Das gelb markierte Feld in Version 1 stellt ein Beispiel dar, das keine Aufgabenstellung beinhaltet, sondern als reiner

Informationstext dient. Dieses konnte auch aufgrund der Strukturänderung weggelassen werden.

Anhand von

*Abbildung 15* soll außerdem die Strukturreduktion von Version 1 mit der Rahmengestaltung, bei der das „Vereinfachen und Auswählen“ und „Vermuten und Annehmen“ zentral waren, hinzu Version 2, bei welcher die Lernziele der einzelnen Beispiele in den Fokus rückten, verdeutlicht werden. Weiters ist zu erkennen, dass Aufgaben der Form „Prüfe dein Wissen“ in Version 2 eine stärkere Rolle spielen.

### 5.2.2. Darstellung des Materials – Version 2

In den ersten beiden Aufgaben sollen anhand von Alltagsmodellen wichtige Charakteristika von Modellen erarbeitet werden, wobei SchülerInnen die dabei erlangten Erkenntnisse in Aufgabe 3 „Das Modell-Wissens-Quiz“ anwenden sollen. In Aufgabe 1 „Die Modelleisenbahn“ dient ein Dialog, den die SchülerInnen durchlesen sollen, als Ausgangspunkt zur Frage „Was ist ein Modell?“. In Aufgabe 2 „Modellautos im Vergleich“ sollen verschiedene Modellautos untersucht werden und hinsichtlich ihres Zwecks beurteilt werden.

In Aufgabe 4 „Die Modellbrücke“ sollen SchülerInnen ein gegenständliches Modell bauen und zusätzlich darüber reflektieren. So sollen sie den Prozess der Modellkonstruktion in Erfahrung bringen und anschließend in Aufgabe 5 „Das Modell-Bau-Quiz“ wichtige Erkenntnisse darüber wiederholen.

In Aufgabe 6 bis 8 werden wissenschaftliche Modelle wie der Globus, das Skelettmodell und Modelle des Sonnensystems behandelt. Diese dienen zum Verständnisaufbau, dass Modelle praktikabel sind und Einsatz finden, um Naturerscheinungen veranschaulichen bzw. erklären zu können.

In Aufgabe 9 „Die Black-Box“ sollen SchülerInnen bei der Untersuchung eines Gegenstandes (Black-Box) an die Grenzen der direkten Wahrnehmung stoßen und den Einsatz von Modellen bzw. Denkmodellen im naturwissenschaftlichen Bereich in Erfahrung bringen. Somit soll der Übergang in die modellierenden Bereiche, so wie von Mikelskis-Seifert (2005) in Kapitel 0 dargestellt, stattfinden.

In Aufgabe 10 „Prüfe dein Wissen über Modelle“ soll eine abschließende Wiederholung und Zusammenfassung stattfinden.

Die detailliert ausformulierten Ziele der einzelnen Aufgaben sind Tabelle 5 zu entnehmen.

Die gesamten Arbeitsblätter der Version 2 sind im Anhang 02: Material – Version 2 zu finden.

Die finale Version der Lernschachtel sieht folgendermaßen aus:



Abbildung 16: Die finale Lernschachtel im geöffneten Zustand (Foto: Verf.)



Abbildung 17: Die finale Lernschachtel mit zur Schau gestellten Inhalt (Foto: Verf.)

Aufgaben des Materials der Version 2

Aufgabe	MV	Level
<b>1. Die Modelleisenbahn</b>		
Modelle sind 3D Nachbauten von einem Original.	1	1
Modelle unterscheiden sich vom Original (Aussehen, Funktion). Modelle haben gewisse Eigenschaften vom Original.	2	1,2
Zu einem Original, kann es verschiedene Modelle geben.	7	2
<b>2. Die Modellautos im Vergleich</b>		
Modelle sind 3D Nachbauten von einem Original.	1	1
Modelle unterscheiden sich vom Original (Aussehen, Funktion). Modelle haben gewisse Eigenschaften vom Original.	2	2
Unterschiede in verschiedenen Modellen haben einen Zweck.	5	1,2
Multiple Modelle können sinnvoll sein (um verschiedene Aspekte eines Originals darzustellen).	7	2
<b>3. Das Modell-Wissens-Quiz</b>		
Modelle sind 3D Nachbauten von einem Original.	1	1
Modelle unterscheiden sich vom Original (Aussehen, Funktion). Modelle haben gewisse Eigenschaften vom Original.	2	2
Unterschiede in verschiedenen Modellen haben einen Zweck. Mit Modellen kann man etwas erklären.	5	1,2
Multiple Modelle können sinnvoll sein (um verschiedene Aspekte eines Originals darzustellen).	7	2
<b>4. Die Modellbrücke</b>		
Modelle unterscheiden sich vom Original (Aussehen, Funktion). Modelle haben gewisse Eigenschaften vom Original. Modelle haben Eigenschaften, die das Original nicht hat.	2	2
Mit Modellen kann man etwas veranschaulichen. Mit Modellen kann man etwas erklären.	5	1, 2
Man kann ein Modell selber bauen bzw. konstruieren. Bei der Modellkonstruktion werden Aspekte des Originals ausgewählt und diese vereinfacht dargestellt.	6	1, 2
<b>5. Das Modell-Bau-Quiz</b>		
Modelle haben einen Zweck. Mit Modellen kann man etwas veranschaulichen. Mit Modellen kann man etwas erklären.	5	1, 2
Ich kann ein Modell selber bauen. Bei der Modellkonstruktion überlege ich mir vorher den Zweck meines Modells. Bei der Modellkonstruktion wähle ich Aspekte des Originals aus und vereinfache.	6	1, 2
<b>6. Der Globus</b>		
Mit Modellen kann man Naturerscheinungen veranschaulichen. Mit Modellen kann man Naturerscheinungen erklären.	5	1, 2

<b>7. Das Modell-Skelett</b>		
Mit Modellen kann man Naturerscheinungen veranschaulichen. Mit Modellen kann man Naturerscheinungen erklären.	5	1, 2
<b>8. Modelle des Sonnensystems*</b>		
Modelle unterscheiden sich vom Original (Aussehen, Funktion). Modelle haben gewisse Eigenschaften vom Original. Modelle haben Eigenschaften, die das Original nicht hat.	2	2
Mit Modellen kann man Naturerscheinungen veranschaulichen. Mit Modellen kann man Naturerscheinungen erklären.	5	1, 2
<b>9. Die Black-Box</b>		
Modelle können theoretische Rekonstrukte auf Grundlage einer Vorstellung sein (Denkmodell). Modelle können 2D-Skizzen sein. Beim Entzug der Wahrnehmung eines Phänomens, ist ein Modell die beste Lösung, die man bekommen kann.	1	2, 3
Mit Modellen kann man Erkenntnisse gewinnen. (im naturwissenschaftlichen Kontext – etwas Unbekanntes erforschen).	5	3
Um ein Denkmodell zu konstruieren, muss man aufschlussreiche Untersuchungen durchführen. Man kann Modelle von einem Phänomen in Form von 2D-Modelle skizzieren.	6	3
Zu einem Original können zwei verschiedene ForscherInnen unterschiedliche Modelle bilden. Durch Kommunikation mit anderen ForscherInnen kann man sein Modell weiterentwickeln.	7	3
<b>10. Prüfe dein Wissen</b>		
Modelle sind Darstellungen von einem Original. Modelle werden von Menschen geschaffen.	1	1
Modelle unterscheiden sich vom Original (Aussehen, Funktion). Modelle haben nur gewisse Eigenschaften vom Original. Modelle sind Vereinfachungen eines Originals.	2	2
Modelle haben einen bestimmten Zweck. Mit Modellen kann man etwas erklären. Mit Modellen kann man Naturerscheinungen erklären. Mit Denkmodellen kann man Forschung betreiben.	5	1, 2

*Tabelle 5: Auflistung der Aufgaben der Version 2 des Materials mit den zugehörigen Lernzielen, welche dem Modellverständnis nach (Terzer & Upmeyer zu Belzen, 2007) zugeordnet sind.*

## Exemplarische Darstellung der Version 2

Version 1

Die Modelle aus dem Alltag, die wir bis jetzt besprochen haben, werden oft als Spielzeug verwendet, weil sie so ähnlich aussehen wie ihr Original. Wir haben aber auch schon herausgefunden, dass man mit Modellen etwas **erklären** kann. Genau aus diesem Grund, werden Modelle auch verwendet, um die Natur zu beschreiben. Denn wenn wir die Natur betrachten, gibt es Dinge, die beispielsweise so groß sind, dass wir sie als Ganzes nicht sehen können. Dabei haben sich Modelle als nützlich erwiesen, um sich diese Dinge **veranschaulichen und erklären** zu können.

### 5. Der Globus

Du kennst sicherlich einen Globus und weißt, dass dieser ein Modell für die Erde ist. Nimm dir den Globus aus der Klasse zur Hand.

In der Lernwerkstatt findest du einen Globus.

Du befindest dich auf der Erde. Vor dir steht der Globus. Der Globus ist ein Modell von der Erde. Was kann dir der Globus zeigen, was du sonst nicht so einfach sehen kannst?

.....

.....

.....

.....

Die Erde ist sehr groß und rund und dreht sich um die eigene Achse. Das merkst du so gar nicht, oder? Der Globus hilft dir eine bessere Vorstellung von der Erde zu bekommen. Du siehst die Lage und die Größe der Kontinente und der Ozeane. Der Globus hilft dir die Erde zu veranschaulichen.

Version 2

6

Der Globus

In der Lernwerkstatt findest du einen Globus.

Du kennst sicherlich einen Globus und weißt, dass dieser ein Modell für die Erde ist. Nimm dir den Globus.

Was kann dir der Globus zeigen, was du sonst nicht so einfach sehen kannst?

.....  
 .....  
 .....  
 .....

Im Beutel 5 findest du Kärtchen.  
 Fülle den Lückentext mit den passenden Kärtchen:

Kärtchen aus dem Beutel 5.

Die Erde ist sehr groß und \_\_\_\_\_ sich.

Das merkst du so gar nicht oder?

Der Globus hilft dir, eine bessere \_\_\_\_\_ von der Erde zu bekommen.

Der Globus hilft dir, die Erde \_\_\_\_\_ .

✓

,

✎

Abbildung 18: Gegenüberstellung von Version 1 und Version 2 der Aufgabe "Der Globus"

Version 1

8. Die Black-Box

Damit du verstehen kannst, was ein Wissenschaftsmodell ist und wie es verwendet wird, wollen wir uns jetzt eine Box ansehen, in die du nicht hineinschauen kannst. Man nennt so etwas eine Black-Box.

In der Black-Box ist eine Kugel und eingebaute Wände. Du sollst nun beschreiben, wie das Innere der Box aussieht. Das ist nicht so leicht, weil du ja nicht hineinschauen kannst. Aber wenn du die Black-Box schwenkst, kannst du Geräusche hören. So kannst du die Black-Box untersuchen und eine Vermutung aufstellen, wie sie Innen aussieht.

Die Black-Box (A) und Black-Box (B) findest du in der Schachtel!

Wenn ihr zu zweit seid, arbeitet jetzt nicht gemeinsam, sondern jeder soll alleine ein Wissenschaftsmodell erstellen:

1. Beobachte und untersuche die beiden Black-Boxen.
2. Entwickle eine Idee, wie die beiden Black-Boxen aussehen könnten.
3. Aufgrund dieser Idee zeichne eine Skizze auf ein Blatt Papier, wie die Black-Boxen deiner Vermutung nach Innen aussieht. Das ist dann dein Wissenschaftsmodell.

Wenn ihr zu zweit seid, arbeitet jetzt wieder gemeinsam:

4. Vergleicht eure beiden gezeichneten Wissenschaftsmodelle.
  5. Besprecht sie und einigt euch für jede Black-Box auf ein gemeinsames Wissenschaftsmodell.
- Zeichnet dieses wieder auf ein Blatt-Papier.

Da wir das Innere nicht sehen können, können wir auch nie wissen, ob das erstellte Modell richtig oder falsch ist. Deshalb ist es wichtig, mit andern Wissenschaftlern zu reden, um sein eigenes Modell vergleichen und prüfen zu können. So kann man ein Modell verändern und verbessern.

**MERKE**  Wissenschaftsmodelle werden in den Naturwissenschaften durch Ideen aufgestellt, bei denen man Vermutungen macht, um Phänomene erklären und verstehen zu können. Somit können Forscher neue Sachen herausfinden.

Aufgabenbeispiels basierend auf Mikulic-Sellen (2004). Entdecken, Erforschen, Erklären im naturwissenschaftlichen Unterricht der Grundschule. IZPN Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik an der Universität Kiel. Symbole & Grafiken: <http://www.clipartpanda.com>, <http://diyololaposters.com>

Version 2

9 Die Black-Box

 Nimm dir Black-Box A und Black-Box B aus der Schachtel.

Eine Black-Box ist eine Box, in die du nicht hineinschauen kannst.

In der Black-Box ist eine Kugel, die auf eingebaute Wände trifft. Wenn du die Black-Box bewegst, kannst du Geräusche hören.



➤ Jeder von euch nimmt sich eine Black-Box!  
   Untersuche die Black-Box, indem du sie bewegst. Überlege dir, wie sie innen aussehen könnte. Zeichne eine Skizze davon auf ein Blatt Papier!

➤ Tauscht die Black-Boxen!  
   Untersuche jetzt die andere Black-Box. Überlege dir, wie diese Black-Box innen aussehen könnte. Zeichne auch davon eine Skizze.

➤ Vergleicht eure Skizzen!

Black-Box A	Black-Box B
Einigt euch auf eine gemeinsame Skizze von Black-Box A. Zeichnet sie hier ein:	Einigt euch auf eine gemeinsame Skizze von Black-Box B. Zeichnet sie hier ein:
	

**MERKE**  Du untersuchst die Black-Box und machst dir in deinen Gedanken eine Vorstellung, wie die Black-Box innen aussehen könnte. Man nennt so etwas ein Denkmodell. Ein Denkmodell hilft dir, etwas Neues zu erforschen!



Aufgabenbeispiels basierend auf Mikulic-Sellen (2004). Entdecken, Erforschen, Erklären im naturwissenschaftlichen Unterricht der Grundschule. IZPN Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik an der Universität Kiel. Symbole & Grafiken: <http://www.clipartpanda.com>, <http://diyololaposters.com>, <https://www.4teachers.de>, <https://www.cobourbox.de>, <http://www.lernzettel.de>

Abbildung 19: Gegenüberstellung von Version 1 und Version 2 der Aufgabe "Die Black-Box"

Die einheitliche graphische Gestaltung, bei der jedes Arbeitsblatt nummeriert und mit dem Aufgabentitel beginnt, lässt sich hier erkennen. Weiters sind nun Symbole und Piktogramme in Verwendung, um die auszuführenden Arbeitsschritte visuell darzustellen. Konkrete Arbeitsanweisungen sind grau hinterlegt, damit die Gestaltung des Arbeitsblattes übersichtlicher wird. Textboxen, die Hinweise zu den zu verwendenden Materialien beinhalten sind in ihrer Dimensionierung nun so groß dargestellt, dass sie deutlich erkennbar sind.

Einleitungen in Form von Textinformation wie in Version 1 der Aufgabe „Der Globus“ und „Die Black-Box“, die eine deduktive Vorgehensweise bewirken, wurden gestrichen. SchülerInnen sollen sich zunächst mit der Aufgabe aktiv auseinandersetzen und anschließend daraus Kenntnisse ziehen, was einer induktiven Arbeitsweise entspricht.

Sachinhalte, die wie in Version 1 bei der Aufgabe „Der Globus“ in einer Textbox angegeben waren, sind nun als Aufgabe (Lückentext mit Magnetkärtchen) gestaltet. Dabei wird bezweckt, dass SchülerInnen sich intensiver mit der Thematik auseinandersetzen, als sie es bei reiner rezeptiven Leseaktivität tun würden.

### 5.2.3. Evaluierung des Materials durch den Einsatz im Unterricht

Die Version 2 des entwickelten Unterrichtsmaterials stellt jene Variante dar, welche im Folgenden durch die passiv-teilnehmende Beobachtung, der Auswertung der Arbeitsblätter und einem Abschlussgespräch mit den teilnehmenden SchülerInnen evaluiert wurde. Zur Auswertung der Beobachtungsbögen wurde eine qualitative Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2016) durchgeführt.

#### 5.2.3.1. Kategoriensystem

Im Folgenden werden die erstellten Kategorien und Subkategorien erläutert. Die gebildeten Kategorien stellt den Ausgangspunkt der Analyse dar.

Die Kategorienbildung wurde a-priori (deduktiv) durchgeführt. Die erstellten Kategorien basieren auf bereits vorhandene Theorien bzw. auf das vor der Untersuchung vorhandene System zur Strukturierung des Beobachtungsbogens. Im Zuge der ersten Überprüfung des Materials an FachdidaktikerInnen nach der Methode des „Lauten Denkens“ entstand das Grundgerüst an Kategorien für den Beobachtungsbogen und somit auch für die Kategorienbildung zur Codierung der Daten. Im Verlauf der ersten Überprüfung und in der nachfolgenden Reflexion wurde mir bewusst, dass diese Kategorien für ein erfolgreiches Bearbeiten des Arbeitsmaterials relevant sind (Kategorien siehe 0 Erste Überprüfung nach der Methode „Lautes Denken“). Anhand der Begutachtung der durch die Beobachtung erhobenen Daten mit spezieller Fokussierung auf die Beantwortung der Forschungsfrage wurde das Kategoriensystem weiterentwickelt. So entstand jenes Kategoriensystem, das den Ausgangspunkt der Analyse darstellt.

Das Kategoriensystem ist auf drei Säulen aufgebaut, der *Gebrauchstauglichkeit*, dem *didaktischen Design* und dem *Fachinhalt*. Die fachlich-inhaltliche Ebene der Sachkompetenz ist als evaluatives System gestaltet, welches durch Subkategorien, die sich nach den Levels des Modellverständnisses nach Terzer & Upmeyer zu Belzen (2007) richten, dargestellt ist. Die Kategorien *Gebrauchstauglichkeit* und *didaktische Design* sind als thematische Kategorien formuliert.

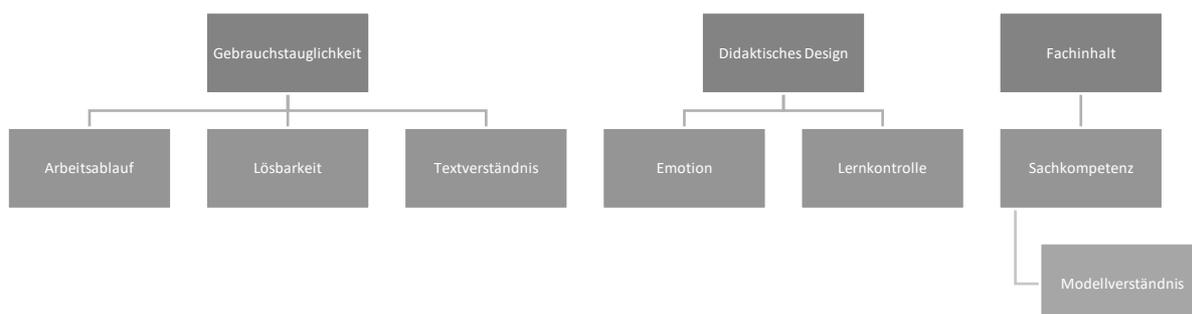


Abbildung 20. Aufbau des Kategoriensystems

## Kategorien

<b>Name der Kategorie</b>	<b>Definition (inhaltliche Beschreibung)</b>	<b>Ankerbeispiel</b>	<b>Hinweis für Codierende</b>
<b>Arbeitsablauf</b>	Alle Äußerungen und Beobachtungen, die Aspekte dazu beinhalten, ob bzw. inwieweit bei den Lernenden Klarheit über den Arbeitsablauf des Materials vorherrscht.	»Angabe gut verständlich. SchülerInnen erkennen was sie tun sollen und füllen Schritt für Schritt den Fragebogen aus« (B11, 73)	Anwendung: Die Aufgabenstellung ist den SchülerInnen [un]klar. Sie erkennen [nicht] was zu tun ist. Der strukturelle Ablauf mit den Materialien ist für SchülerInnen [nicht] nachvollziehbar. Sie finden sich [nicht] mit den Materialien zurecht. Abgrenzung: Äußerungen oder Beobachtungen, inwieweit SchülerInnen die Aufgaben lösen können.
<b>Lösbarkeit</b>	Alle Äußerungen und Beobachtungen, die Aspekte dazu beinhalten, ob bzw. inwieweit die SchülerInnen in der Lage sind, die einzelnen Aufgaben zu lösen.	»SchülerInnen erkennen alle Punkte richtig!« (B03, 27)	Anwendung: SchülerInnen sind [nicht] in der Lage, die Aufgabe zu lösen.
<b>Textverständnis</b>	Alle Äußerungen und Beobachtungen die sich darauf beziehen, ob bzw. inwieweit Textpassagen der Aufgaben hinsichtlich Quantität und Verständlichkeit für SchülerInnen angemessen sind.	»S2 liest den Dialog vor – tut sich dabei schwer beim Lesen –benötigt relativ viel Zeit dafür« (B01, 18)	Das Textvolumen erscheint [nicht] angemessen. Begrifflichkeiten und Vokabular ist für SchülerInnen [nicht] verständlich.
<b>Emotion</b>	Alle Äußerungen und Beobachtungen, die sich darauf beziehen, ob bzw. inwieweit SchülerInnen Emotionen zum Lernmaterial zeigen.	»SchülerInnen zeigen Begeisterung über die BlackBox. Sie wollen unbedingt wissen, wie es in der BlackBox aussieht« (B19, 119)	SchülerInnen wirken motiviert / interessiert, zeigen Freude / Begeisterung oder negative Emotionen. SchülerInnen beschäftigen sich mit dem Material – in Form von: sie spielen damit bzw. beschäftigen sich interessiert damit. Die in den Aufgaben vorkommende Inhalte (Originale bzw. Modelle) sind den SchülerInnen [un]bekannt (und knüpfen somit an die Lebenswelt der Lernenden an). Abgrenzung: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Freude oder Ärger über richtig bzw. falsch beantwortete Fragen nach der Kontrolle mit der Lösung. Dies wird unter Lernkontrolle LK codiert. »SchülerInnen freuen sich nach der Kontrolle mit der Lösung [...]« (B13, 89)</li> </ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Anknüpfen an die Lebenswelt bezieht sich nicht auf das explizite Beantworten von Fragen, was die Kenntnis des Originals voraussetzt. Dies fällt unter die Kategorie Sachkompetenz SK. »S2: [...] das ist eine Brücke. Da kann man unten durch« (B04, 31)</li> </ul>
<b>Lernkontrolle</b>	Alle Äußerungen und Beobachtungen, die Aspekte dazu beinhalten, ob bzw. inwieweit SchülerInnen sich selbst kontrollieren und welchen Einfluss die Kontrolle mit den Lösungen auf sie hat.	»Frustration bei den SchülerInnen, weil die Lösung das nicht erklärt. SchülerInnen haben das Interesse an Aufgabe verloren« (B19, 120)	SchülerInnen kontrollieren sich selbst. Die Kontrolle beeinflusst sie, in ihrem Lernweg. SchülerInnen zeigen Freude/Frust bei der Kontrolle ihrer Antworten mit der Lösung.
<b>Sachkompetenz</b>	Alle Äußerungen und Beobachtungen, die Aspekte dazu beinhalten, ob bzw. inwiefern SchülerInnen sich auf sachinhaltlicher Ebene mit Modellen auseinandersetzen.	»SchülerInnen erkennen, dass man mit den verschiedenen Modellautos verschiedene Aspekte eines echten Autos erklären kann.« (B02, 19)	Das Modellverständnis nach (Terzer & Upmeier zu Belzen, 2007) wird gefördert. Es werden Präkonzepte zum Thema Modelle ersichtlich. Fehlvorstellungen zu Modellen liegen vor bzw. werden entwickelt.

*Tabelle 6: Kategoriensystem für die qualitative Inhaltsanalyse*

Die Subkategorien zur Sachkompetenz sind nach dem Modellverständnis nach Terzer & Upmeier zu Belzen (2007) definiert und dienen als Grundlage für die Diskussion einer zu der Forschungsfrage zusätzlichen Auswertung, inwieweit dieses Modellverständnis erreicht werden konnte. Die Darstellung der Subkategorien befindet sich im Anhang.

### 5.2.3.2. Ergebnisse & Interpretation

Ergebnisse der passiv-teilnehmenden Beobachtung

Im Folgenden werden die Ergebnisse der qualitativen Inhaltsanalyse der Beobachtungsprotokolle durch eine verbal-interpretative Auswertung der einzelnen Kategorien dargestellt.

#### ▪ **Arbeitsablauf**

Tabelle 7 zeigt eine Auswertung, inwieweit der Arbeitsablauf der einzelnen Aufgaben für SchülerInnen nachvollziehbar war. Bei der Beobachtung wurden dabei die Fragen „Ist die Angabe verständlich?“, „Ist der Ablauf klar?“ und „Kommen SchülerInnen mit dem Unterrichtsmaterial zurecht?“ bei „zutreffend“ angekreuzt bzw. bei „nicht-zutreffend“ nicht angekreuzt. So ergibt sich folgende Tabelle, bei der dargestellt wird, ob der Arbeitsablauf für SchülerInnen vollkommen klar oder nur teilweise bzw. nicht klar war:

Aufgabe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Arbeitsablauf vollkommen klar</b>	X	X	X	X		X	X			X
<b>Arbeitsablauf teilweise klar oder unklar</b>					X			X	X	

*Tabelle 7: Klarheit der SchülerInnen über den Arbeitsablauf der einzelnen Aufgaben.*

Die Beobachtung bei Aufgabe 1 »Angabe gut verständlich, SchülerInnen erkennen was sie tun sollen und füllen Schritt für Schritt den Fragebogen aus « (B11, 73) verdeutlicht, dass der Arbeitsauftrag für SchülerInnen nachvollziehbar war.

Auch bei Aufgabe 2 wurde mit »Angabe gut verständlich, SchülerInnen beginnen sofort mit der Aufgabe« (B12, 79) eine Klarheit in der Aufgabenstellung beobachtet.

Die Lösung zu Aufgabe 4 und Aufgabe 5 befand sich auf einem Lösungsblatt. Bei Aufgabe 5 hatten die beiden SchülerInnen Schwierigkeiten bei der Auffindung der Lösung, da sie nach der Kontrolle bei Aufgabe 4 das Lösungsblatt bereits beiseite geräumt hatten. Somit verlängerte sich der Arbeitsablauf durch die Suche nach der Lösung zu Aufgabe 5. Die Beobachtung »Lösung für Aufgabe 4 und Aufgabe 5 auf einer Seite« (B14, 97) verdeutlicht dieses Szenario. Der Arbeitsablauf zur Aufgabe 5 war für die SchülerInnen vollkommen nachvollziehbar: »Angabe und Ablauf klar – SchülerInnen führen Aufgabe richtig durch« (B15, 99).

Bei Aufgabe 8 hatten die SchülerInnen Probleme beim Lösen der Aufgabe, da sie sich nicht im Klaren waren, was der Begriff „Original“ aussagt. In der Beobachtung wurde notiert »Verwirrung bei „Modell“ und „Original“ – nicht klar, was ein Original ist« (B18, 114).

Bei Aufgabe 9 gingen die SchülerInnen völlig anders an die Aufgabenstellung heran, als die Aufgabe konzipiert war. Zum einen führten die SchülerInnen ihre Arbeitsschritte nicht wie am Arbeitsblatt angeführt war durch. Sie nahmen sich kein Blatt Papier um darauf eine erste Skizze ihres Modells zu zeichnen. Sie tauschten die Black-Boxen auch nicht, um eine weitere unabhängige Untersuchung anzustellen. Außerdem stellten sie auch keinen Vergleich ihrer beiden Skizzen zu Black-Box A und Black-Box B an, da sie keine angefertigt hatten. Zum anderen modellierten die SchülerInnen nicht wie der innere Aufbau der Black-Box ist, sondern versuchten herauszufinden, aus welchem Material die Kugel in der Box besteht. Während der Beobachtung wurde notiert »nicht 100%ig klar, dass sie herausfinden sollen, wie die Black-Box innen aussieht – Angabe nicht ganz klar? Eventuell Beispiel? Sie wollen nur herausfinden, wie die Kugel aussieht« (B19, 117).

#### ▪ Lösbarkeit

Die SchülerInnen waren in der Lage, bei allen Aufgaben eine Lösung zu finden. Um das Ausmaß festzustellen, inwieweit ihre Lösung mit der „Soll-Lösung“ korreliert, wird eine genauere Auswertung der Arbeitsblätter vorgenommen (siehe Ergebnis Arbeitsblätter). Die Beobachtungen zeigen, dass die Aufgaben – mit Ausnahme von Aufgabe 9 – überwiegend in korrektem Ausmaß beantwortet wurden. »Lückentext richtig gelöst« (B02, 21), »Aufgabe wird gut erfüllt, wenig Diskussion (Überlegungen, richtige Antworten schnell eingefügt)« (B12, 80), »SchülerInnen erkennen alle Punkte richtig!« (B03, 27), »[...] SchülerInnen führen Aufgabe richtig durch« (B15, 100). Es konnte bei Aufgabe 9 beobachtet werden, dass die SchülerInnen die Aufgabenstellung anders interpretierten, als diese vorgesehen war. Daher stimmen die Beantwortungen der SchülerInnen auch nicht mit den „Soll-Lösungen“ überein.

Beim Lückentext von Aufgabe 10 haben die SchülerInnen bei dem dritten Satz „Mit einem ... kann ich neue Dinge erforschen.“ kurz überlegt, welchen Begriff sie in die Lücke einsetzen sollen. Sie stellten die Vermutung an, dass der Begriff „Denkmodell“ hier der korrekte Begriff sei, beschlossen aber die Lücke freizulassen und zunächst die weiteren Lücken zu füllen, um am Schluss aus den noch freiwählbaren Begriffen wählen zu können. Letztendlich setzten sie alle Begriffe bis auf „Denkmodell“ in den Lückentext ein, womit für sie klar war, dass dieser

in die Lücke des dritten Satzes eingefügt werden muss. »[...] S2: Denkmodell? Schauen wir mal weiter [...] Ja, Denkmodell« (B10, 66).

▪ **Textverständnis**

Um eine Angemessenheit des Textes in seinem Volumen und seiner Verständlichkeit für SchülerInnen zu erheben, wurden auf dem Beobachtungsbogen drei Leitfragen mit einem zugehörigen Kontrollkästchen angegeben, welche entsprechend angekreuzt (zutreffend) bzw. nicht angekreuzt (nicht-zutreffend) wurden. In der folgenden Tabelle ist eine Auswertung zu sehen, wobei zwischen „Text angemessen“ und „Text nicht bzw. nur teilweise angemessen“ unterschieden wird. Als angemessen wurde jene Beispiele bewertet, bei denen alle drei Leitfragen im Beobachtungsprotokoll mit zutreffen angekreuzt wurden:

Aufgabe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Text angemessen</b>		X	X	X	X	X	X			
<b>Text nicht vollkommen angemessen</b>	X							X	X	X

Tabelle 8: Darstellung der Angemessenheit des Textes für SchülerInnen

Bei den Aufgaben 2-7 konnten keine Schwierigkeiten bezüglich der Verständlichkeit des Textes bei den SchülerInnen beobachtet werden.

Bei Aufgabe 1 konnte beobachtet werden, dass S2 beim Vorlesen des Textes Schwierigkeiten hatte und verhältnismäßig lange Zeit dafür brauchte. »S2 liest den Dialog vor – tut sich schwer beim Lesen – benötigt relativ viel Zeit dafür« (B01, 18). Während S2 den Text vorlas, begann S1 sich mit den Modelleisenbahnen zu spielen »Textvolumen angemessen bis etwas zu viel – verlieren schnell das Interesse und spielen mit Modelleisenbahn – insbesondere S1« (B11, 69). Bei Aufgabe 8 zeigt sich, dass die SchülerInnen nicht wissen, was mit dem Begriff „das Original“ gemeint ist. Dies zeigt sich durch eine Äußerung von S2: »Was ist das Original? Ist damit das zweite Modell, das hier abgebildet ist, gemeint oder das richtige Sonnensystem?« (B08, 48).

Bei Aufgabe 9 wurde beobachtet, dass den SchülerInnen die Aufgabenstellung »nicht 100%ig klar [...]« (B19, 117) war.

Bei Aufgabe 10 fällt S2 bei der Beantwortung der Schüttelwörter der Begriff „Original“ nicht ein »S2: Wie heißt das Wort? [...]« (B10, 64). S2 blätterte in den Arbeitsblättern nach vorne und fand dann den Begriff »[...] Ah, Original!« (B10, 64).

#### ▪ **Emotion**

SchülerInnen zeigten Freude und Spaß an den Unterrichtsmaterialien. Dies war bereits zu Beginn zu beobachten: (S2 kam etwas verspätet in den Unterricht, in der Zwischenzeit) »S1 mustert den Inhalt der Lernschachtel (Modellskelett, Modellautos etc.) mit Interesse« (B11, 68). Bei den einzelnen Aufgaben wurde beobachtet »S1 hat Spaß mit Modellautos« (B02, 22), »magnetische Antwortmöglichkeiten begeistern« (B12, 81), »Freude wegen Modellautos – SchülerInnen singen ein Lied über Bobbycar« (B12, 84), »Freude über die Arbeit mit Lego« (B14, 95), »Das Foto der Modellbrücke gefällt S1« (B14, 96), »Freude am Spielen mit dem Globus« (B16, 107), »S1 spielt mit dem Modellskelett, dann spielt S2 damit« (B17, 111), »S2 spielt (bei der nächsten Aufgabe) immer noch mit dem Modellskelett« (B08, 53), »SchülerInnen zeigen Begeisterung über die Black-Box. Sie wollen unbedingt wissen, wie es in der Black-Box aussieht« (B19, 119).

Negative Emotionen wie beispielsweise Ärger konnte beobachtet werden, als »S2 fällt der Begriff „Original“ nicht ein – ärgert sich darüber« (B20, 125). Weitere negative Emotionen hängen mit der Kontrolle mit der Lösung zusammen und werden in der Kategorie Lernkontrolle behandelt.

Interessiertes arbeiten konnte beobachtet werden bei »total klar – SchülerInnen motiviert und interessiert beim Beantworten der Fragen« (B13, 85), »SchülerInnen [...] wollen unbedingt wissen, wie es in der Black-Box aussieht« (B19, 119), »keine Langeweile, sondern konzentriertes Arbeiten« (B20, 121), »S1 und S2 zeigen Interesse« (B20, 126).

Es konnte beobachtet werden, dass teilweise das Interesse an den Materialien größer, als an der Lösung der Aufgaben war: »S1 spielt mit „Audi“ – diskutieren über Lösung der Aufgabe – S2 entscheidet (da S2 schreibt), S1 unterstützt und spielt mit den Modellautos« (B12, 83), »Textvolumen passt – Lego ist aber spannender für die SchülerInnen« (B14, 90), »Aufgabe sehr schnell gelöst – Beantworten der Fragen dauert nur so lange, weil mit den Legobausteinen gespielt wurde« (B14, 92), »Diskutieren wer die Legobausteine bekommt [...] bauen beide mit Legobausteinen – spielen mit Lego anstatt die Aufgabe zu erledigen – S2 ignoriert die Vorschläge von S1« (B14, 94).

## ▪ Lernkontrolle

Beobachtungen im Sinne von „die Lösung wurde positiv angenommen und hilft den SchülerInnen“ konnten in folgenden Szenen vorgenommen werden: Beim Vergleichen ihrer Antwort auf die Frage „Welche Eigenschaften einer echten Lokomotive zeigen die beiden Modell-Lokomotiven?“ in Aufgabe 1, äußerten die SchülerInnen »Stimmt doch – sehen genauso aus« (B01, 12). Die Beobachtung »Freude über richtige Antwort beim Vergleich mit der Lösung [...]« (B11, 78) verdeutlicht dies.

Bei Aufgabe 1 suchten die beiden SchülerInnen nach der Lösung auf die Frage „Welche der beiden ist deiner Meinung nach eine Modelleisenbahn?“ und äußerten dazu »Die Antwort zu „welche ist ein Modell“ steht nirgends« (B01, 13). Dabei erkannten die SchülerInnen nicht, dass die Antwort bereits am Aufgabenzettel in der Aussage darunter „Philipp und Sandra haben recht. Beide Modell-Lokomotiven [...]“ enthalten ist.

Freude über richtig beantwortete Fragen konnten weiters beobachtet werden bei Aufgabe 3: »SchülerInnen freuen sich nach der Kontrolle mit der Lösung, weil alle Aufgaben richtig gelöst wurden – S2: „Ich bin gut!“ – S1: „Ich bin guter!“« (B13, 89) und Aufgabe 10: »S2: „Ja, alles richtig!“« (B10, 67).

Die Lösung zu Aufgabe 4 und Aufgabe 5 befand sich auf einem Lösungsblatt. Bei Aufgabe 5 hatten die beiden SchülerInnen Schwierigkeiten bei der Auffindung der Lösung, da sie nach der Kontrolle bei Aufgabe 4 das Lösungsblatt bereits beiseite geräumt hatten. Somit verlängerte sich der Arbeitsablauf durch die Suche nach der Lösung zu Aufgabe 5. Die Beobachtung »Lösung für Aufgabe 4 und Aufgabe 5 auf einer Seite« (B14, 97) verdeutlicht dieses Szenario. Die Lösung zur Aufgabe 6 wurde von den SchülerInnen kommentiert mit »S2: Ja, das haben wir!« (B06, 42). Beim Vergleichen der Lösung bei Aufgabe 7 wurde zunächst die Beobachtung gemacht »Ärger bei S2 wegen „falscher“ Antwort« (B17, 112). Dies bezieht sich darauf, dass die Formulierung der Lösung nicht explizit mit jener der SchülerInnen übereinstimmte. Daraufhin wurde allerdings die Aussage getroffen »S2: „Es geht um Knochen – sag ich doch!“« (B07, 45).

Beim Vergleichen von Aufgabe 8 fand S2 heraus, dass die Antwort von S1 „Die Planetenmodelle liegen auf einem Tisch auf“ gestimmt hätte, S2 diese aber nicht als Lösung hingeschrieben hatte: »Ärger über Missverständnis – S2 gibt zu, dass S1 eine richtige Antwort gegeben hat« (B18, 116).

Beim Vergleichen der Lösung von Aufgabe 9, wollten die SchülerInnen herausfinden, ob ihre Lösung die richtige sei. Dabei wurde beobachtet: »Frustration bei den SchülerInnen, weil die Lösung das nicht erklärt. SchülerInnen haben das Interesse an Aufgabe verloren« (B19, 120).

Das entstandene Desinteresse zeigte sich abschließend zu dieser Aufgabe, als S1 zum Schluss nochmals die Lösung kontrollierte und die beiden SchülerInnen im Dialog äußerten: »S1: „Wir haben alles richtig. Aber lies es dir durch“, S2: „Nein, ich glaube dir“« (B09, 63).

### ▪ **Sachkompetenz**

Aufgabe 1:

In der Beobachtung wurde notiert: »SchülerInnen erkennen Modelleisenbahn als Nachbau von echter Lokomotive an« (B01, 1).

Es konnte beobachtet werden: SchülerInnen »sehen die Form als Ähnlichkeit« (B01, 2) zwischen den Modelleisenbahnen und echten Lokomotiven, was sich durch die Äußerung von S1 »Die Form ist gleich« (B01, 5) widerspiegelt.

Beim Explorieren von Unterschiede zwischen den Modelleisenbahnen und einer echten Lokomotive entstand der Dialog: »S1: Was hat diese (Märklin) für Eigenschaften, die eine echte nicht hat? S2: Größe, Rauch« (B01, 6).

»Es werden nicht beide Modelleisenbahnen als Modell anerkannt« (B01, 3), denn es wird zwischen den SchülerInnen besprochen, dass »eher die Märklin ist ein Modell« (B01, 4).

Aufgabe 2:

In Aufgabe 2 wurde beobachtet, dass »SchülerInnen erkennen, dass man mit den verschiedenen Modellautos verschiedene Aspekte eines echten Autos erklären kann.« (B02, 19). Als die SchülerInnen den Beutel 2 mit den Modellautos aus der Schachtel nahmen, äußerte sich S1 über das weiße Miniatur-Auto mit »Das ist ein Modellauto – das sieht man« (B02, 20). Dies könnte darauf hinweisen, dass hier ein Präkonzept vorliegt, dass das Kriterium der Ähnlichkeit als ausschlaggebend gesehen wird, um ein Modell einzuschätzen. Diese Aussage könnte auch darauf hindeuten, dass S1 die anderen Modellautos zunächst nicht als Modelle anerkannte.

Aufgabe 3:

»Damit ich verschiedene Eigenschaften von einem echten Auto erklären kann, brauche ich nur eines – nein, man braucht mehrere Modellautos« (B03, 25). Dieser Monolog bezieht sich auf die Aufgabe "Damit ich verschiedene Eigenschaften von einem echten Auto erklären kann, ...". Könnte darauf hindeuten, dass S2 multiple Modelle als sinnvoll anerkennt. Weiters könnte es ein Indiz sein, dass S2 zunächst wohl intuitiv mit „brauche ich nur eines“ antworten wollte, aber sich dann an Aufgabe 2 mit den Modellautos erinnerte und daraufhin „hilft es mir, mehrere Modellautos zu haben“ angekreuzte. Somit wäre eine Erkenntnis aus einem vorigen Beispiel

aufgebaut entwickelt worden. Dies würde zudem dafür sprechen, dass für S2 eine aufbauende Struktur nachvollziehbar wurde.

#### Aufgabe 4:

Auf die Aufgabenstellung „Überlege dir, welche Eigenschaft eine Brücke für dich ausmacht, äußerte S2 »[...] das ist eine Brücke. Da kann man unten durch« (B04, 31). Damit zeigt sich, dass S2 bereits ein bestimmtes Merkmal herausgefiltert hat, welches für S2 charakteristisch ist, um eine Brücke darzustellen. Die nachfolgende Frage - ob echte Brücken auch immer so bunt wie die gebaute Modellbrücke sei – beabsichtigte, dass SchülerInnen in ihrer Argumentation einbringen, dass die Farbe der Modellbrücke hier nicht relevant sei, sondern dass durch ihr Modell eine bestimmte Eigenschaft hervorgehoben werden soll, welche eine Brücke ausmacht. Obwohl S2, wie oben beschrieben, diese eine bestimmte Eigenschaft im Vorhinein aussprach, brachte S2 dies nicht in die Beantwortung der Frage ein: »S2: Nein, sind nicht so bunt. S1: Vielleicht manche schon« (B04, 30). Daher entstand die Notiz »Info, dass Modelle nur gewisse Eigenschaften haben, wird nicht angewandt« (B04, 29).

Bei der Auffindung von Gemeinsamkeiten und Unterschieden zwischen ihrer Modellbrücke und der Brücke auf dem Foto äußerten sich die beiden SchülerInnen »S2: Es existieren viele Unterschiede. S1: Eigentlich ist sehr viel ähnlich« (B04, 32). Als Unterschiede wurden von den SchülerInnen genannt »[...] die Farbe, es stehen keine Menschen drauf, die Größe, Menschen können nicht darauf gehen, die Örtlichkeit, die Gewichtaufnahme, das Material« (B04, 34). Als Gemeinsamkeit wurde »Die Form« (B04, 33) von S2 eingebracht.

#### Aufgabe 5:

Bei Aufgabe 5 konnte ein »reflektierter Umgang mit den Fragen – insbesondere mit der letzten Frage« (B15, 101) beobachtet werden. Diese „letzte“ Frage bezog sich darauf, ob ein Modell eine einfachere oder kompliziertere Darstellung eines Originals sei. S2 meinte dazu »Es existieren einfachere und kompliziertere Modelle – das kann man so nicht sagen« (B05, 39).

#### Aufgabe 6:

Bei Aufgabe 6 äußerten die SchülerInnen »Der Globus zeigt, wie die Welt aussieht« (B06, 41). SchülerInnen »erkennen den Globus als Modell der Erde« (B06, 40) und der Aussage B06, 41 zur Folge könnte die Funktion des Globus in der Anschauung der Erde gesehen werden.

#### Aufgabe 7:

Bei Aufgabe 7 äußert sich S1 darauf, was ein Skelett sei mit »ein Mensch, ohne Haut und Organe« (B07, 44). Weiters erörterten die SchülerInnen „Sachen, die man mit dem Modell-Skelett erklären kann“ »Gelenke, Wirbelsäule, Knochen« (B07, 43).

Aufgabe 8:

Bei Aufgabe 8 gab es bei den SchülerInnen »Verwirrung bei den Begriffen „Modell“ und „Original“ – ist nicht klar, was ein Original ist« (B18, 114). S2 äußerte diesbezüglich »Was ist das Original? Ist damit das zweite Modell, das hier abgebildet ist gemeint oder das richtige Sonnensystem?« (B08, 48).

Auf die Frage „Welche Eigenschaften hat dieses Modell, das das Original nicht hat?“ antwortete S1 zu dem am Arbeitsblatt links abgebildeten Modell »liegen auf Tisch auf« (B08, 52).

Aufgabe 9:

Bei Aufgabe 9 fand eine ausführliche Untersuchung der Black-Boxen statt. »S1 schwenkt die Black-Box hin und her« (B09, 60). S1 führte weiters aus »wir können es einfach aufzeichnen« (B09, 55). »S1 und S2 unterhalten sich – S2: bei mir ist das Geräusch anders« (B09, 56). S2 äußerte seine Vermutung, dass in der Black-Box »entweder eine Murmel aus Glas oder irgendeine andere Oberfläche« (B09, 57) enthalten sei. Darauf hin besorgte sich S2 eine Holzkugel, eine Murmel und eine Metallkugel aus der Lernwerkstatt. S2 untersuchte die Geräuschentwicklung beim Aufprallen auf Holz und verglich diese mit jener der Black-Box. Danach kam S2 zu der Aussage »Da drinnen ist eine Murmel« (B09, 59). S2 wiederholte »Ich habe eine Murmel drinnen« (B09, 61) und »zeichnet eine Skizze gleich unten im Arbeitsblatt ein« (B09, 61).

Aufgabe 10:

S2 hat bei der Beantwortung der Schüttelwörter nach dem Begriff „Original“ gesucht. »S2 fällt Begriff nicht ein – schaut nach« (B20, 124). »S2: Wie heißt das Wort? Ah, Original!« (B10, 64). In Aufgabe 3 wurde der Begriff „Original“ in der „Merke“-Box eingeführt. Bei der Bearbeitung durch die SchülerInnen konnte dabei beobachtet werden: »Die „Merke“-Box wird schnell und oberflächlich gelesen« (B03, 28). In Aufgabe 8 zeigten sich bereits Schwierigkeiten für die SchülerInnen mit dem Begriff „Original“: »[...] nicht klar, was ein Original ist« (B18, 114).

Beim Ausfüllen des Lückentextes konnte beobachtet werden, dass sich die SchülerInnen beim Einfüllen des Begriffs „Denkmodell“ unsicher waren: »[...] S2: Denkmodell? Schauen wir mal

weiter [...]« (B10, 66). Nach dem die restlichen Lücken gefüllt wurden, fügten sie den Begriff „Denkmodell“ korrekt ein. Dies deutet darauf hin, dass dieser Begriff für die SchülerInnen noch nicht vollständig nachvollziehbar geworden ist. Ein Faktor dafür könnte der abgelaufene Arbeitsprozess in Aufgabe 9 darstellen, der durch die Beobachtung »die gelbe „Merke“-Box wird von SchülerInnen nicht durchgelesen« (B09, 62) festgehalten wurde.

### **Subkategorien zur Sachkompetenz – Levels des Modellverständnisses**

#### ▪ MV1: Modellbegriff

Gegenständliche Modelle wie etwa die Modelleisenbahn aus Aufgabe 1 werden als Modelle einer echten Lokomotive angesehen: »SchülerInnen erkennen Modelleisenbahn als Nachbau von echter Lokomotive an« (B01, 1). Dies entspricht MV1\_L1.

Da Modelle in Aufgabe 9 nicht als 2D-Grafik konstruiert wurden, konnte MV1 auf Level 2 nicht beobachtet werden: »es wird kein 2D-Modell gezeichnet« (B09, 54). Allerdings lässt die Aussage von S1 zu Beginn der Aufgabe »wir können es einfach aufzeichnen« (B09, 55) Raum für Interpretation, ob S2 ursprünglich ein 2D-Modell vom Aufbau der Black-Box zeichnen wollte.

#### ▪ MV2: Unterscheide zwischen Modell und Original

Bereits bei Aufgabe 1 wird beobachtet, dass S1 und S2 »sehen die Form als Ähnlichkeit« (B01, 2). Zu Unterschiede zwischen dem Original und den beiden Modellen äußerten sich S1 und S2 »S1: Was hat diese (Märklin) für Eigenschaften, die eine echte nicht hat?, S2: Größe, Rauch« (B01, 6). Dies zeigt, dass Unterschiede zum Original nicht nur in der Größe, sondern auch in der Funktion gesehen werden (MV2\_L2).

Bei Aufgabe 4 äußerten S1 und S2 »Unterschied zwischen der echten Brücke auf dem Foto und unserer Modellbrücke sind die Farbe, es stehen keine Menschen drauf, die Größe, Menschen können nicht darauf gehen, die Örtlichkeit, die Gewichtaufnahme, das Material« (B04, 34). Dies entspricht MV2\_L2.

#### ▪ MV5: Zweck von Modellen

Bei Aufgabe 6 äußerten S1 und S2 auf die Frage „Was kann dir der Globus zeigen, was du sonst nicht so einfach sehen kannst?“ »Der Globus zeigt, wie die Welt aussieht« (B06, 41), dies entspricht MV5\_L1. Bei Aufgabe 7 äußert S1, dass ein Modellskelett »ein Mensch, ohne Haut und Organe« (B07, 44) sei und man damit »Gelenke, Wirbelsäule, Knochen« (B07, 43) erklären

könne. Die Aussagen beziehen sich aber mehr auf eine Veranschaulichung, als auf eine Funktionsweise, daher entspricht dies ebenfalls MV5\_L1.

In Aufgabe 2 konnten S1 und S2 den unterschiedlichen Modellen jeweils eine angemessene Zweckmäßigkeit zuordnen »SchülerInnen erkennen, dass man mit den verschiedenen Modellautos verschiedene Aspekte eines echten Autos erklären kann.« (B02, 19). Dies entspricht MV5\_L2.

- MV6: Modellkonstruktion

Obwohl S2 eine Eigenschaft einer Brücke herausfilterte, die für S2 eine Brücke ausmacht »S2: Stefan, das ist eine Brücke. Da kann man unten durch« (B04, 31), wurde im Anschluss an die Modellkonstruktion der Fokus in der Argumentation von S1 und S2 auf die Ähnlichkeit und Entsprechung und nicht auf die Einfachheit und Adäquatheit gesetzt »Info, dass Modelle nur gewisse Eigenschaften haben, wird nicht angewandt« (B04, 29). Dies würde MV6\_L1 entsprechen.

- MV7: Veränderbarkeit von Modellen und Multiple Modelle

Bei Aufgabe 1 besprechen S1 und S2, dass »eher die Märklin ist ein Modell« (B01, 4) und zu Beginn von Aufgabe 2 äußert sich S1 über das weiße Miniatur-Auto »Das ist ein Modellauto – das sieht man« (B02, 20). Dies weist darauf hin, dass ein Präkonzept vorliegt. Modelle, die detailreicher und in ihrem Aussehen stärker einem Original ähnlich sind, werden als Modell angesehen. Den SchülerInnen ist zu diesem Zeitpunkt noch nicht bewusst, dass weniger detailreiche Modelle, genauso Modelle sind und das diese eine andere Zweckmäßigkeit erfüllen können (MV7\_L1).

Bei Aufgabe 2 (Zuordnungsaufgabe: Mit diesem Modell kann ich besonders gut erklären dass ...) wurde beobachtet: »SchülerInnen erkennen, dass man mit den verschiedenen Modellautos verschiedene Aspekte eines echten Autos erklären kann.« (B02, 19). Dies weist darauf hin, dass multiple Modelle zur Darstellung verschiedener Aspekte eines Originals erkannt werden (MV7\_L2). In Aufgabe 3 äußert S2 »Damit ich verschiedene Eigenschaften von einem echten Auto erklären kann, brauche ich nur eines – nein, man braucht mehrere Modellautos« (B03, 25). Dies ist ein Hinweis, dass ein Bewusstsein geschaffen wurde, dass multiple Modelle als sinnvoll erachtet werden (MV7\_L2).

Ergebnisse des Abschlussgesprächs

In Tabelle 9 werden die Fragen und die zugehörigen Antworten der SchülerInnen aus dem Abschlussgespräch dargestellt. Diese werden anschließend interpretiert.

Frage	Antwort
<b>1. Was hat euch gut an der Lernschachtel gefallen?</b>	S2: »Autos«; S1 »Brücke, das letzte Arbeitsblatt und das Modell-Skelett« (I, 128)
<b>2. Was hat euch nicht so gut an der Lernschachtel gefallen?</b>	S1 & S2: »Der Dialog. Der war zu lang und am Ende hat man gar nicht mehr gewusst, was am Anfang stand« (I, 127)
<b>3. Habt ihr Vorschläge, wie man die Lernschachtel verbessern könnte?</b>	S1: »Teilweise waren die Aufgaben zu leicht. Die Lösungen sollten kürzer sein, sodass man es einfach so hinschreiben kann« »Es war cool, interessant, dass man etwas zum Angreifen hat, Brücke bauen; Skelett« (I, 129)
<b>4. Habt ihr durch das Bearbeiten der Schachtel etwas dazugelernt, was ihr vorher nicht wusstet oder konntet?</b>	S2: »Dachte Modelle seien nur so zum Anschauen, aber jetzt weiß ich, dass man sie auch zum Erklären verwenden kann« (I, 130)

Tabelle 9: Darstellung der Fragen des Abschlussgesprächs und der Antworten der TeilnehmerInnen

Die Antworten auf Frage 1 und auf Frage 3 zeigen, dass Aufgaben mit gegenständlichen Modelle für die SchülerInnen ansprechend waren. Auf die Frage 3 „Habt ihr Vorschläge, wie man die Lernschachtel verbessern könnte?“ gab es nach einem Veränderungsvorschlag die Antwort »Es war cool, interessant, dass man etwas zum Angreifen hat, Brücke bauen, Skelett«. Die Tatsache, dass S1 erneut auf die positiven Aspekte der Lernschachtel zurückkam, verdeutlicht diesen Eindruck.

Aus der Antwort zur Frage 2 lässt sich schließen, dass der Dialog aus Aufgabe 1 „Die Modelleisenbahn“, aufgrund des Textvolumens, für die SchülerInnen wenig ansprechend war. Die Äußerung »Teilweise waren die Aufgaben zu leicht« deutet darauf hin, dass sich S1 mehr Herausforderung in bestimmten Beispielen gewünscht hätte.

Die Antwort auf Frage 4 lässt auf einen Erkenntnisgewinn bei S2 hinsichtlich dem Zweck von Modellen schließen.

Ergebnisse der Arbeitsblätter

In diesem Abschnitt ist die Auswertung der Arbeitsblätter angeführt.

Überwiegend wurden korrekte Antworten im Sinne von einer Übereinstimmung der SchülerInnen Antworten mit der „Soll-Lösung“ beobachtet. Fälle, in denen es eine auffällige Abweichung gab, werden im Folgenden näher erläutert.

#### Aufgabe 1: „Die Modelleisenbahn“:

Die SchülerInnen haben die „Märklin-Lokomotive“ als Modelleisenbahn gewertet. Dies weicht von der „Soll-Lösung“ ab, die direkt unterhalb angeführt ist. Die SchülerInnen sollten erkennen, dass beide Modelllokomotiven eine Modelleisenbahn darstellen.

Welche der beiden ist deiner Meinung nach eine Modelleisenbahn?

Eine Märklin-Lokomotive.

**Philipp und Sandra haben recht. Beide Modell-Lokomotiven haben Eigenschaften einer echten Lokomotive. Deshalb sind auch beide Modelleisenbahnen.**

Abbildung 21: Antwort der Testpersonen aus Aufgabe 1

#### Aufgabe 4: „Die Modellbrücke“:

Die SchülerInnen gaben an, dass die meisten [echten] Brücken einfarbig sind. Es wurde von ihnen kein Bezug zu einer Eigenschaft einer Brücke gezogen, die sie in Vorüberlegungen zur Modellkonstruktion anstellen hätten sollen. In der „Soll-Lösung“ ist zusätzlich angeführt, dass sich ein Modell immer von einem Original unterscheidet und die Farbe in diesem Fall nicht relevant ist.

Stefan fragt sich nun, ob eine echte Brücke auch immer so bunt ist wie deine Modellbrücke. Was ist deine Antwort darauf?

Meistens sind sie einfarbig.



Abbildung 22: Antwort der Testpersonen aus Aufgabe 4

Aufgabe 6: „Der Globus“:

Die SchülerInnen führten an, welche Aspekte mit dem Globus veranschaulicht werden können. Antworten über die Funktionsweise der Erde, die der Globus zeigen kann, wie etwa, dass sich die Erde dreht, wurden nicht angegeben.

Was kann dir der Globus zeigen, was du sonst nicht so einfach sehen kannst?

Länder, Kontinente, Wie die Welt aussieht.

.....

.....

.....

Abbildung 23: Antwort der Testpersonen aus Aufgabe 6

Aufgabe 7: „Das Modell-Skelett“:

Aus der Antwort der SchülerInnen geht nicht eindeutig hervor, ob sie den Zweck des Modell-Skeletts in einer besseren Veranschaulichung oder in der Beschreibung einer Funktion sehen.

Überlege dir noch zwei Sachen, die du mit dem Modell-Skelett erklären kannst:

Gelenke, Knochen

.....

.....

.....

Abbildung 24: Antwort der Testpersonen aus Aufgabe 7

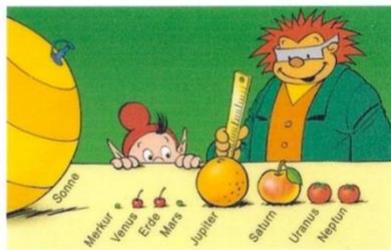
Aufgabe 8: „Modelle des Sonnensystems“:

Die Antworten der SchülerInnen auf die Frage, was die beiden abgebildeten Modelle erklären können, werden als korrekte Antworten gewertet. Zusätzlich hätte angeführt werden können, dass man mit dem linken Modell erklären kann, wie die Größenverhältnisse der Planeten zur Sonne sind. Mit dem rechten Modell kann man erklären, wie sich die Planeten um die Sonne bewegen.

Zur Frage welche Eigenschaften die beiden abgebildeten Modelle aufweisen, die das Original nicht hat, wurden keine Antworten formuliert.



Hier sind Fotos von zwei verschiedenen Modellen des Sonnensystems.  
Erkläre, was mit diesen beiden Modellen besonders gut gezeigt werden kann:



Was kann dieses Modell erklären?

Die Reihenfolge

---



---



---

Welche Eigenschaften hat dieses Modell, das das Original nicht hat?

---



---



---



Was kann dieses Modell erklären?

Den Abstand zur Sonne

---



---



---

Welche Eigenschaften hat dieses Modell, das das Original nicht hat?

---



---



---

Abbildung 25: Antwort der Testpersonen aus Aufgabe 8

Aufgabe 9: „Die Black-Box“:

Die SchülerInnen zeichneten ein dreidimensionales Modell der jeweiligen Black-Box, in dem sie das Material der beinhalteten Kugel darstellten. Es wurde in ihrer Skizze kein Bezug zum Aufbau der eingebauten Wände genommen.

➤ **Vergleicht eure Skizzen!**

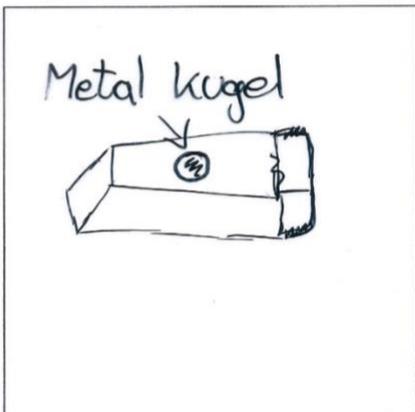
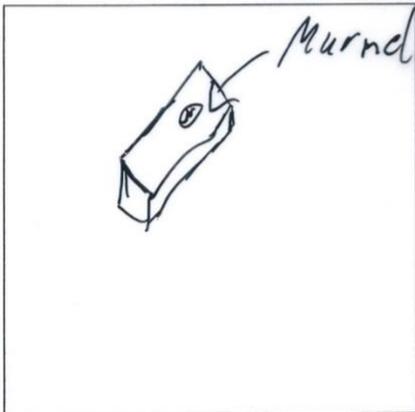
Black-Box A	Black-Box B
Einigt euch auf eine gemeinsame Skizze von Black-Box A. Zeichnet sie hier ein:	Einigt euch auf eine gemeinsame Skizze von Black-Box B. Zeichnet sie hier ein:
	

Abbildung 26: Antwort der Testpersonen aus Aufgabe 9

## 5.3. Material – Version 3

### 5.3.1. Zweite Weiterentwicklung des Unterrichtsmaterials

Die Weiterentwicklung des Materials von Version 2 zur Version 3 basiert auf den Ergebnissen aus der Evaluierung von Version 2. Diesbezüglich wurden – mit Fokus auf die Forschungsfrage – vor allem hinderliche Aspekte (siehe Kapitel 6.1) für die Eignung aufgegriffen und in Version 3 verändert.

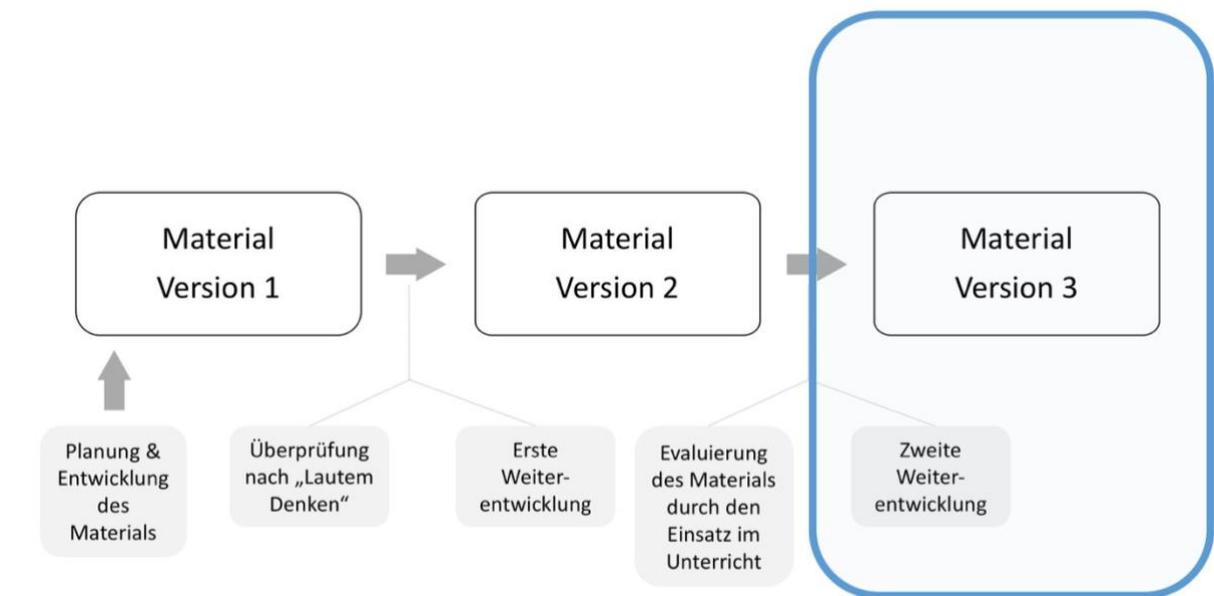


Abbildung 27: Schematischer Ablauf der Materialentwicklung - Fokus auf Version 3

Damit in Aufgabe 1 „Die Modelleisenbahn“ die Erkenntnis, dass beide Modell-Lokomotiven Modelle zu einer echten Lokomotive sind, für SchülerInnen nachvollziehbar wird, sollte die Lösung zu dieser Frage anders gestaltet werden. Eine Möglichkeit wäre, dass die Lösung nicht mehr auf dem Abgabebzettel, sondern auf dem Lösungszettel formuliert wird.

Eine weitere Verbesserung von Aufgabe 1, angesichts der Schwierigkeiten der SchülerInnen mit dem Dialog, könnte hergestellt werden, indem dieser gekürzt, in seiner Komplexität vereinfacht oder in seiner Darstellung verändert wird. Als Lösungsvorschlag wird ein Comic in folgender Variante vorgestellt:



Abbildung 28: Dialog aus Aufgabe 1 "Die Modelleisenbahn" in Form eines Comics - Version 3, erstellt auf [www.pixton.com](http://www.pixton.com)

Die Probleme der SchülerInnen mit dem Begriff „Original“ zeigen, dass eine Veränderung des Materials sinnvoll ist. Bei Aufgabe 6 „Der Globus“ könnte man eine Frage in den Lückentext einbauen, bei der SchülerInnen angeben sollen, dass die Erde das Original zum Globus darstellt: „Die Erde stellt das ... zum Globus dar“. Außerdem sollte in Aufgabe 8 „Modelle des Sonnensystems“ erwähnt werden, dass das echte Sonnensystem das Original zu den Modellen des Sonnensystems ist.

Da sich in der Evaluierung im Unterricht zeigt, dass Aufgabe 9 „Die Black-Box“ in ihrer Komplexität zu hoch war, sehe ich das Bestreben nach einer Reduktion als sinnvoll an. Als Verbesserungsmaßnahme, gestalte ich die Aufgabe um. Es soll für SchülerInnen klar werden, dass es um die Konstruktion von zweidimensionalen Modellen geht, die den inneren Aufbau der Black-Box darstellen. SchülerInnen sollen mit zweidimensionalen Modellen konfrontiert werden und eine Zuordnung zu einer Black-Box treffen. Dazu stelle ich zunächst eine Auswahlaufgabe zur Black-Box A.

„Untersuche Black-Box A. Welches Modell trifft für dich zu?“

Im zweiten Aufgabenschritt sollen SchülerInnen selbstständig ein zweidimensionales Modell zu Black-Box B konstruieren.

Die überarbeitete Version der Aufgabe „Die Black-Box“ sieht folgendermaßen aus:

9

## Die Black-Box

Nimm dir  
Black-Box A  
und Black-Box B  
aus der Schachtel.

Eine Black-Box ist eine Box, in die du nicht hineinschauen kannst.

In der Black-Box ist eine Kugel, die auf eingebaute Wände trifft. Wenn du die Black-Box bewegst, kannst du Geräusche hören.

➤ **Untersuche Black-Box A:**

Überlege dir, wie sie innen aussehen könnte.  
Welches Modell trifft für dich zu? Kreuze an:

➤ **Untersuche Black-Box B:**

Anna und Peter haben von Black-Box B ein Modell gezeichnet.

Kannst du ihnen helfen, genauer herauszufinden, wie Black-Box B aussehen könnte?  
Zeichne dein eigenes Modell von Black-Box B:

Modell von Anna und Peter:

Dein Modell:

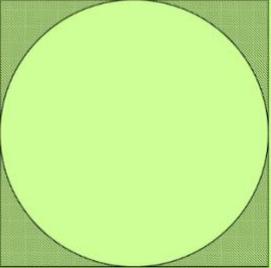
**MERKE:**

Du untersuchst die Black-Box und machst dir in deinen Gedanken eine Vorstellung, wie die Black-Box innen aussehen könnte. Man nennt so etwas ein **Denkmodell**. Ein Denkmodell hilft dir, etwas Neues zu erforschen!

Abbildung 29: Modifizierte Version der Aufgabe "Die Black-Box" – Version 3

Damit die Motivation zur Untersuchung der Black-Box und dem Erstellen von Modellen aufrechterhalten bleibt, wird in der Lösung folgendes ergänzt:

**Black-Box A:**  
**Sehr viele Forscher und Forscherinnen haben Black-Box A schon untersucht.**  
**Die meisten von ihnen glauben, dass Black-Box A so aussehen könnte:**



*Abbildung 30: Veränderte Lösung zur Aufgabe "Die Black-Box"*

Eine weitere Verbesserungsmaßnahme betrifft die Lösungsblätter. Aufgrund der Schwierigkeiten beim Auffinden der Lösung zur Aufgabe 5 „Das Modell-Bau-Quiz“ wird die Lösung zu jeder Aufgabe auf einem eigenen Blatt dargestellt.

## 6. Diskussion

Im Folgenden sollen die Erkenntnisse aus der Entwicklungsarbeit des Unterrichtsmaterials hinsichtlich der Forschungsfragen mit Bezug zur Theorie diskutiert werden.

### 6.1. Beantwortung der Forschungsfragen

**FF1: Welche Hinweise zu förderlichen Aspekten können bezüglich der Eignung bei der Bearbeitung des Unterrichtsmaterials durch SchülerInnen erkannt werden?**

Der Arbeitsablauf war für die SchülerInnen stets nachvollziehbar und es konnten dabei keine Schwierigkeiten beobachtet werden. Daraus lässt sich schließen, dass Weiterentwicklungen von Version 1 zu Version 2 im Bereich der inhaltlichen Struktur, der Vereinheitlichung im Design, wonach jede Aufgabe auf einem eigenen Arbeitsblatt, welches am Seitenanfang mit Nummerierung und Aufgabentitel versehen ist, sowie dem Einsatz von Symbolen und einer vergrößerten Darstellung von Hinweistexten positive Auswirkungen bewirkt haben.

Weiters ist positiv zu vermerken, dass das Material von den beiden SchülerInnen innerhalb einer Schachtelstunde vollständig bearbeitet werden konnte. Das bedeutet, dass der Umfang der Aufgaben den Kriterien einer Lernschachtel entspricht.

Die Angaben zu den einzelnen Aufgaben – mit Ausnahme von Aufgabe 9 „Die Black-Box“ – waren für die SchülerInnen klar und verständlich. Dies konnte ich einerseits aus der Beobachtung schließen. Andererseits ist aus der Analyse der Arbeitsblätter ersichtlich, dass die Aufgaben überwiegend korrekt, im Sinne einer Übereinstimmung mit den „Soll“-Lösungen, beantwortet wurden. Das ist ein weiterer Hinweis, dass die Aufgabenstellungen richtig verstanden wurden.

Bei der Bearbeitung von Aufgabe 9 „Der Black-Box“ gingen die SchülerInnen anders an die Aufgabenstellung heran, als diese Aufgabe konzipiert war. Dabei ist allerdings positiv hervorzuheben, dass das Material kreative Prozesse bei S1 und S2 hervorrief und sie zu systematischen Untersuchungen der Black-Box anregte.

Die Verständlichkeit des Textes kann insgesamt für das Material positiv bewertet werden. Bedenken dazu, die sich bei Version 1 in der ersten Überprüfung nach dem „lauten Denken“

ergaben, konnten nach der Weiterentwicklung zu Version 2 in der Testung im Unterricht nicht bestätigt werden. Schwierigkeiten gab es dabei lediglich bei dem Begriff „Original“.

Beobachtungen bei der Testung im Unterricht zeigen, dass das Textvolumen, dass in Version 1 als wesentlich zu groß eingestuft wurde und eine zu hohe Leseaktivität bei den TeilnehmerInnen bewirkte, für die SchülerInnen angemessen war. Einzig der Dialog in Aufgabe 1 „Die Modelleisenbahn“ beinhaltete zu viel Text, was aus der Beobachtung (B01, 18) und aus dem Abschlussgespräch (I, 127) erkennbar ist.

Die eingesetzten Unterrichtsmaterialien können als für die SchülerInnen ansprechend und somit für den Arbeitsverlauf förderlich bewertet werden. Die positiven Effekte, die bereits in der ersten Überprüfung von Version 1 diesbezüglich erkennbar waren, wurden in der Testung im Unterricht bestätigt. Es konnte beobachtet werden, dass die SchülerInnen positive Emotionen beim Umgang mit den gegenständlichen Materialien wie den Modelleisenbahnen, den Modellautos, den Legobausteinen, dem Globus, dem Modellskelett und den Black-Boxen zeigten. Im Abschlussgespräch wurde von den SchülerInnen erwähnt, dass ihnen die Aufgaben mit den Modellautos, der Modellbrücke und dem Modellskelett gut gefallen haben. Weiters stellt sich im Abschlussgespräch heraus, dass die Materialien zum Angreifen als »[...] cool, interessant [...]« (I, 129) empfunden wurden.

Die Darstellungsformen der Aufgaben als Lückentext und Zuordnungsaufgabe, die durch magnetisch haftende Kärtchen bewerkstelligt wird, lösten positive Reaktionen bei den SchülerInnen aus. Beim Umgang mit den Magnetkärtchen konnte Begeisterung beobachtet werden (B12, 81). Aufgaben, in denen die beiden SchülerInnen ihr Wissen prüfen konnten, wie bei Aufgabe 3, 5 und 10, wurden von den SchülerInnen mit hohem Interesse bearbeitet. Dies zeigt sich einerseits durch die Beobachtung, andererseits durch Aussagen aus dem Abschlussgespräch (I, 128).

Aus der Beobachtung geht hervor, dass die Lösungen auf den Lösungsblättern für die SchülerInnen hilfreich waren und beim Vergleichen – mit Ausnahme von Aufgabe 9 „Die Black-Box“ – Freude bei Übereinstimmung erzeugten.

Im Abschlussgespräch gab S2 an, eine veränderte Sichtweise zu Modellen durch die Bearbeitung der Lernschachtel entwickelt zu haben. Dabei scheint ein Perspektivenwechsel von „Modelle seien nur etwas zum Anschauen“, hinzu „mit Modellen kann man etwas erklären“

(I, 130) stattgefunden haben. Das kann als Lernerfolg und Zuwachs der Sachkompetenz interpretiert werden.

**FF2: Welche Hinweise zu hinderlichen Aspekten können bezüglich der Eignung bei der Bearbeitung des Unterrichtsmaterials durch SchülerInnen erkannt werden?**

Bei Aufgabe 1 „Die Modelleisenbahn“ konnte beobachtet werden, dass die SchülerInnen Schwierigkeiten beim Lesen des Dialogs hatten (B01, 18). Diese Beobachtung wird im Abschlussgespräch bestätigt, in dem die SchülerInnen äußerten, dass der Dialog zu lange sei (I, 127). Aufgabe 1 weist einen weiteren problematischen Aspekt auf. Die Analyse der Arbeitsblätter zeigt, dass die SchülerInnen angeben, dass ihrer Meinung nach eine „Märklin-Lokomotive“ eine Modelleisenbahn darstelle. Die Abweichung zur „Soll“-Lösung – beide stellen Modelle einer echten Lokomotive dar – könnte damit begründet werden, dass die Fragestellung suggeriert, dass nur eine der beiden angegeben werden soll. Diese Provokation in der Fragestellung wurde jedoch durchaus bewusst formuliert. Aus dem unter dieser Frage stehenden Text sollte nämlich erkannt werden, dass beide als Modell angesehen werden. Der Beobachtung zufolge ging dies allerdings für die SchülerInnen nicht hervor (B01, 13).

Eine weitere Problemstelle stellten Lösungen von zwei Aufgaben auf einem Blatt dar. Beim Arbeitsablauf hatten die SchülerInnen Schwierigkeiten, als sie die Lösung zur Aufgabe 5 „Das Modell-Bau-Quiz“ nicht sofort fanden, weil die Lösung zu Beispiel 4 und 5 auf demselben Blatt standen (B14, 97).

Zur Aufgabe 9 „Die Black-Box“ können mehrere brisante Aspekte dargestellt werden. Aus der Beobachtung geht hervor, dass die SchülerInnen bei diesem Beispiel völlig anders an die Aufgabenstellung herangingen, als die Aufgabe konzipiert war. Außerdem modellierten die SchülerInnen nicht wie der innere Aufbau der Black-Box ist, sondern versuchten herauszufinden, aus welchem Material die Kugel in der Box besteht (B19, 117). Dieser Eindruck kann ebenso aus den Ergebnissen der Analyse der Arbeitsblätter entnommen werden. Des Weiteren konnte beobachtet werden, dass die SchülerInnen nach dem Vergleichen mit der Lösung und dem anschließenden Interesseverlust (B19, 120) sich die „Merke“-Box nicht mehr durchlasen (B09, 62), in der angeführt ist, dass Denkmodelle zum Forschen hilfreich sind. Darin lässt sich eine begründete Vermutung finden, dass die SchülerInnen in Aufgabe 10 „Prüfe dein

Wissen über Modelle“ Unsicherheiten beim Ausfüllen des Lückentextes bei dem Begriff „Denkmodell“ hatten (B10, 66).

Bei der Bearbeitung von Aufgabe 8 „Modelle des Sonnensystems“ konnte beobachtet werden, dass die beiden SchülerInnen sich nicht im Klaren waren, was das „Original“ sei. »Was ist das Original? Ist damit das zweite Modell, das hier abgebildet ist gemeint oder das richtige Sonnensystem?« (B08, 48). Dies ging auch aus der Analyse des Arbeitsblatts hervor, da sie zu der Frage „Welche Eigenschaften hat dieses Modell, das das Original nicht hat?“ keine Antwort niedergeschrieben haben. Allerdings wurde beobachtet, dass S1 sehr wohl einen Ansatz für eine Lösung mit »liegen auf Tisch auf« (B08, 52) in der Interaktion mit S2 äußerte. Als den SchülerInnen beim Vergleichen der Aufgabe klar wurde, dass dies eine korrekte Lösung gewesen wäre, ärgerte sich S2 und gab zu, dass S1 hier richtiglag (B18, 116).

Ebenso wird die Schwierigkeit mit dem Begriff „Original“ ersichtlich, als bei der Beantwortung der Schüttelwörter bei Aufgabe 10 „Prüfe dein Wissen“ S2 der Begriff nicht einfällt. Erst nach einem erneuten Blick in vorangegangene Aufgaben kam S2 auf die Antwort (B10, 64).

In Aufgabe 3 „Das Modell Wissens-Quiz“ wurde beobachtet, dass die „Merke-Box“, in der der Begriff „Original“ eingeführt wurde, schnell und oberflächlich gelesen wurde (B03, 28). Dies könnte ein Grund sein, warum die beiden SchülerInnen Probleme mit dem Begriff hatten. Außerdem wurde in den weiteren Aufgaben nicht mehr explizit darauf eingegangen, was das Original zu den jeweiligen Modellen darstellt.

Zusätzlich wird in dieser Arbeit versucht, folgende Forschungsfrage zu beantworten:

**FF3: Inwiefern können Hinweise gefunden werden, dass SchülerInnen Modellverständnis nach (Terzer & Upmeier zu Belzen, 2007) anwenden bzw. entwickeln?**

Die folgenden Aussagen, bezogen auf die Beantwortung der obenstehende Frage, basieren nicht auf einer Testung zu vorhandenem Modellverständnis. Sie sollen einen Eindruck liefern, welche Bereiche des Modellverständnisses durch dieses Material angesprochen werden können.

Über das Modellverständnis hinsichtlich des Modellbegriffs (MV1) gibt es Hinweise, dass bei den SchülerInnen der Aspekt der Dreidimensionalität (MV1\_L1) präsent ist. Zum einen werden gegenständliche Modelle als Modelle anerkannt (B01, 1), zum anderen ist aus der Analyse der Arbeitsblätter ersichtlich, dass bei Aufgabe 9 „Die Black-Box“ dreidimensionale Zeichnungen angefertigt wurden. Diese Interpretation ist allerdings sehr vage, da ich vermute, dass S1

möglicherweise ein 2D-Modell zeichnen wollte. Somit ist keine konkrete Aussage zu MV1 möglich.

Bezüglich der Unterscheide zwischen einem Modell und einem Original (MV2) können klare Anzeichen für ein Modellverständnis auf Level 2 beobachtet werden. Neben der Größe – was einem MV2\_L1 entsprechen würde – werden stets weitere Unterschiede genannt. Dies ist sowohl aus den Beobachtungen – z.B. (B04, 34) – als auch aus der Auswertung der Arbeitsblätter ersichtlich.

Die Beobachtungen bei der ersten Aufgabe »eher die Märklin ist ein Modell« (B01, 4) und vor Beginn der zweiten Aufgabe »Das ist ein Modellauto – das sieht man« (B02, 20) deuten darauf hin, dass die SchülerInnen ein gegenständliches Modell als Modell von einem Original ansehen, wenn es dem Aspekt der Ähnlichkeit und Entsprechung nachkommt. Man könnte dies auch so interpretieren, dass zu diesem Zeitpunkt noch kein Bewusstsein für die Sinnhaftigkeit von multiplen Modellen vorhanden war (MV7\_L1). Allerdings bei der Bearbeitung von Aufgabe 2 und Aufgabe 3 deuten Beobachtungen und die Auswertung der Arbeitsblätter darauf hin, dass SchülerInnen erkannt haben, dass unterschiedliche Modelle jeweils einen Zweck erfüllen und somit hilfreich beim Erklären sein können – entspricht MV5\_L2. Aus diesem Grund und aus dem Abschlussgespräch (I, 130) vermute ich, dass über die Erkenntnis der Zweckmäßigkeit von Modellen ein Verständnis für die Sinnhaftigkeit von multiple Modelle entstanden sein könnte (MV7\_L2).

Sowohl bei Aufgabe 6 „Der Globus“ als auch bei Aufgabe 7 „Das Modell-Skelett“ lassen die Beobachtungen gemeinsam mit der Auswertung der Arbeitsblätter den Verdacht zu, dass beim Globus und beim Skelettmodell die Anschauungsfunktion (MV5\_L1) im Vordergrund steht.

Bei der Modellkonstruktion machten sich die SchülerInnen vor dem Bauen ihrer Modellbrücke Gedanken, welche Eigenschaft für sie eine echte Brücke ausmache (B04, 31). Trotzdem wurde dieses Argument nicht eingebracht, als sie anschließend mit der Frage konfrontiert wurden, ob alle Brücken so bunt sein. Dies zeigt sowohl die Analyse des Arbeitsblatts als auch die Beobachtung (B04, 30). Daraus kann man vermuten, dass für die SchülerInnen nicht das Kriterium der Einfachheit und Adäquatheit (MV6\_L2) sondern der Aspekt der Ähnlichkeit und Entsprechung (MV6\_L1) ausschlaggebend ist. In der Beobachtung konnte keine Reaktion der

SchülerInnen erkannt werden, als sie sich die zugehörige Lösung durchlasen. Somit kann keine Aussage getroffen werden, inwieweit dieser Gedankengang für sie nachvollziehbar wurde.

## 6.2. Methodenreflexion

Das Forschungsdesign zur Evaluierung des Materials im Unterricht war durch einen Erlass eingeschränkt. Somit konnten keine Video- oder Tonaufnahmen angefertigt werden. Dies ist ein großer Nachteil beim Festhalten von Arbeits- bzw. Lernprozessen. Als alternative Methode wurde die passiv-teilnehmende Beobachtung gewählt. Diese wurde von zwei Leuten in der Beobachtungsrolle ausgeführt, wobei die Beobachtungsaufträge unterschiedlich waren, wodurch die Beobachtungen nicht vergleichbar sind. Der signifikante Nachteil der Beobachtung liegt darin, dass dabei nicht jedes Detail wahrgenommen werden kann und es keine Möglichkeit mehr gibt, den Moment erneut zu betrachten. Eine weitere Schwierigkeit bei dieser Methode ergibt sich dadurch, dass ein simultanes Festhalten von Beobachtungen und ein Beobachten nur begrenzt möglich ist. Somit können weitere Details der Geschehnisse unerkannt bleiben.

Eine Limitierung der Forschungsergebnisse ist dahingehend zu treffen, dass das Material an nur zwei SchülerInnen getestet wurde. Das Auswahlverfahren für diese beiden entsprach zwar dem natürlichen Setting, da sich die beiden SchülerInnen freiwillig melden konnten, allerdings kann man dadurch nicht von einer repräsentativen TeilnehmerInnenauswahl sprechen.

Außerdem sind Aussagen über Hinweise, inwiefern Modellverständnis angewandt bzw. entwickelt wurde wenig aussagekräftig, da dies nicht getestet wurde. Es wurden nur interpretative Schlussfolgerungen anhand der Ergebnisse, die während der Bearbeitung von zwei SchülerInnen des Lernmaterials entstanden sind, getätigt.

Das abschließende Gespräch mit den beiden SchülerInnen konnte aus Zeitgründen nur sehr kurz gehalten werden. Es wäre wünschenswert gewesen, auf die Antworten näher eingehen zu können, um mehr Erkenntnisse daraus ziehen zu können.

### 6.3. Fazit & Ausblick

Bei dem Prozess, Unterrichtsmaterial zum Thema Modelle in den Naturwissenschaften in Form einer Lernschachtel für den Anfangsunterricht der Sekundarstufe I zu entwickeln, war für mich die Auswahl von geeigneten Aspekten des Modellbegriffs für dieses Vorhaben die erste Hürde. Als nächste Schwierigkeit erwies sich, diese Aspekte in einer angemessenen Art und Weise aufzuarbeiten. Diesbezüglich brachte die erste Überprüfung nach der Methode des „lauten Denkens“ wichtige neue Erkenntnisse, welche einen essentiellen Beitrag zur Weiterentwicklung von Version 1 zu Version 2 brachten. Eine Gegenüberstellung dieser beiden Versionen verdeutlicht den positiven Entwicklungsschritt im Zuge der Materialgenese.

In der Testung von Version 2 im Unterricht konnte diese Einschätzung bestätigt werden und der Eindruck gewonnen werden, dass sich das Material für den Einsatz in einer Schachtelstunde in hohem Ausmaß eignet. Erkenntnisse über hinderliche Aspekte bezüglich der Eignung führten zur Weiterentwicklung von Version 2 zur Version 3. Die Veränderungen in Version 3 müssen erst einer Testung unterzogen werden, um eine Aussage darüber treffen zu können, ob bzw. inwieweit sie eine Verbesserung darstellen.

Für den Einsatz im Unterricht ist das Unterrichtskonzept meiner Meinung nach durchaus auch in höhere Schulstufen einsetzbar. Gegebenenfalls sind dabei geringfügige Modifikationen empfehlenswert. Durch das zusätzliche Einbringen von Fachtermini bzw. von Begriffen wie etwa Erkenntnis, Merkmal oder Wahrnehmung könnte das Material anspruchsvoller gestaltet werden.

Von Interesse wäre eine weiterführende Forschung, die einen möglichen Zuwachs an Sachkompetenz bzw. Modellverständnis durch die Bearbeitung dieses Materials bei SchülerInnen untersucht.

Die Ausbildung von Modellkompetenz und Modellverständnis entwickelt sich über langfristige Prozesse und nicht durch exemplarisches Lernen (Leisner-Bodenthin, 2006). Daher muss bei dieser Arbeit darauf verwiesen werden, dass das erstellte Unterrichtsmaterial nicht den Anspruch auf Ausbildung von Modellverständnis hat, da dies innerhalb der Bearbeitung von einer Unterrichtseinheit nicht möglich ist. Es kann eher ein erstes Bewusstsein für Modelle geschaffen werden, das eine Basis für Modellkompetenz und Modellverständnis bietet.

# Literaturverzeichnis

- Atteslander, P. (2008). *Methoden der empirischen Sozialforschung*. Berlin: Erich Schmidt Verlag.
- Bönsch, M. (1991). *Variable Lernwege : ein Lehrbuch der Unterrichtsmethoden*. Paderborn, Wien [u.a.]: Schöningh.
- Bühler, K. (1907). *Tatsachen und Probleme zu einer Psychologie der Denkvorgänge: I. Über Gedanken*. Leipzig: Engelmann.
- Baadte, C., & Schnotz, W. (2012). Das Verstehen von Texten mit Bildern. *Weiterbildung*(6), S. 35-37.
- Ballstaedt, S. P. (1997). *Wissensvermittlung. Die Gestaltung von Lernmaterial*. Weinheim: Psychologie-Verl.-Union.
- bifie. (2011). *Kompetenzmodell Naturwissenschaften 8. Schulstufe*. Abgerufen am 31. 07 2018 von [https://www.bifie.at/wp-content/uploads/2017/06/bist\\_nawi\\_kompetenzmodell-8\\_2011-10-21.pdf](https://www.bifie.at/wp-content/uploads/2017/06/bist_nawi_kompetenzmodell-8_2011-10-21.pdf)
- Bindernagel, J., & Eilks, I. (Oktober 2008). Modelle und Modelldenken im Chemieunterricht und ein Einblick in das Verständnis von erfahrenen Chemielehrkräften. *CHEMKON: Forum für Unterricht und Didaktik*(15, Nr. 4), S. 181-186.
- Bundesministerium für Bildung, W. u. (kein Datum). *Lehrplan der Neuen Mittelschulen*.
- Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E., & Unger, C. (1989). "An experiment is when you try it and see if it work's": a study of grade 7 students' understanding of the construction of scientific knowledge. . *International Journal of Science Education*(11), 514-529.
- Dechmann, M. (1978). *Teilnahme und Beobachtung als soziologisches Basisverhalten. Ein Lehrbuch für Sozialwissenschaftler und soziale Berufe*. Bern: Haupt.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham Philadelphia: Open University Press.
- Dubs, R. (1995). Konstruktivismus: Einige Überlegungen aus der Sicht der Unterrichtsgestaltung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41(6), S. 889-903.
- Duit, R. (1995). Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41(6), S. 905-923.

- Eschenhagen, D., Kattmann, U., & Rodi, D. (2006). *Fachdidaktik Biologie* (7. Auflage Ausg.). Köln: Aulis.
- Euler, D., & Hahn, A. (2007). *Wirtschaftsdidaktik* (2., aktualisierte Auflage Ausg.). Bern, Stuttgart, Wien: Haupt.
- Flehsig, K. H. (1987). *Didaktisches Design. Neue Mode oder neues Entwicklungsstadium der Didaktik?* Göttingen: Institut für Interkulturelle Didaktik.
- Flick, U. (2000). *Qualitative Forschung: Theorie, Methoden, Anwendung in Psychologie und Sozialwissenschaften* (5. Auflage Ausg.). Reinbek: Rowohlt.
- Friedrichs, J. (1990). *Methoden empirischer Sozialforschung*. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Friedrichs, J., & Lüdtke, H. (1971). *Teilnehmende Beobachtung. Zur Grundlegung einer sozialwissenschaftlichen Methode empirischer Feldforschung*. Weinheim: Beltz.
- Frommann, U. (2005). Die Methode "Lautes Denken". Abgerufen am 15. Mai 2018 von [https://www.e-teaching.org/didaktik/qualitaet/usability/Lautes%20Denken\\_e-teaching\\_org.pdf](https://www.e-teaching.org/didaktik/qualitaet/usability/Lautes%20Denken_e-teaching_org.pdf)
- Günther, J., Grygier, P., Kircher, E., Sodian, B., & Thoermer, C. (2004). Studien zum Wissenschaftsverständnis von Grundschullehrkräften. In J. Doll, & M. Prenzel (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule. Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung* (S. 93-113). Münster: Waxmann.
- Gerstenmaier, J., & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41(6), S. 867-888.
- Glaserfeld, E. (1993). Questions and answers about radical constructivism. In K. Tobin, *The practice of constructivism in science education* (S. 23-38). Washington: AAAS.
- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E., & Smith, C. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*(28(9)), S. 799-822.
- Hammond, J., & Gibbons, P. (2005). Putting scaffolding to work: The contribution of scaffolding in articulating ESL education. *Prospect Vol. 20, No. 1 April 2005*, S. 6-30.
- Harp, S., & Mayer, R. (1998). How Seductive Details Do Their Damage: A Theory of Cognitive Interest in Science Learning. *Journal of Educational Psychology*(Vol. 90, Nr. 3), S. 414-434.
- Harrison, A., & Treagust, D. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*(22:9), S. 1011-1026.

- Hartinger, A., Kleickmann, T., & Hawelka, B. (2006). Der Einfluss von Lehrervorstellungen zum Lernen und Lehren auf die Gestaltung des Unterrichts und auf motivationale Schülervariablen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(1), S. 110-126.
- Izard, C. (1994). *Die Emotion des Menschen. Eine Einführung in die Grundlagen der Emotionspsychologie*. Weinheim: Beltz.
- Johnstone, A. (1997). Chemistry Teaching - Science or Alchemy? *Journal of Chemical Education*, No. 3(Vol. 74), S. 262-268.
- Justi, R., & Gilbert, J. (2002). Models and Modelling in Chemical Education. *Chemical Education: Towards Research-Based Practice*, S. 47-68.
- Keller, J. (1983). Motivational design of instruction. In C. Reigeluth (Hrsg.), *Instructional design theories and models: An overview of their current studies* (S. 383-434). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Keller, J. (2010). *Motivational Design for Learning and Performance - The ARCS Model Approach*. New York [u.a.]: Springer.
- Kircher, E., & Dittmer, A. (2004). Lehrern und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften - ein Überblick. In C. Hößke, D. Höttecke, & E. Kircher (Hrsg.), *Lehrern und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften* (S. 2-22). Baltmannsweiler: Schneider Verlag.
- Knoblich, G., & Öllinger, M. (2006). Die Methode des Lauten Denkens - the method of thinking aloud. In J. Funke, & P. Frensch (Hrsg.), *Handbuch der allgemeinen Psychologie - Kognition* (S. 691-696). Göttingen [u.a.]: Hogrefe.
- Kron, F. (1994). *Grundwissen Didaktik*. München [u.a.]: Reinhardt.
- Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (3. Ausg.). Weinheim, Basel: Beltz Juventa.
- Lamnek, S. (1989). *Qualitative Sozialforschung, Band 2: Methoden und Techniken*. München: Psychologie Verlags Union.
- Langer, I., Schulz von Thun, F., & Tausch, R. (1981). *Sich verständlich ausdrücken*. München: Reinhardt.
- Leisen, J. (2010). Lernprozesse mithilfe von Lernaufgaben strukturieren: Informationen und Beispiele zu Lernaufgaben im kompetenzorientierten Unterricht. *Unterricht Physik*(117/118), S. 9-13.
- Leisner, A. (2005). Modellkompetenz im Physikunterricht. In H. Giest (Hrsg.), *Lern- und Lehr-Forschung: LLF-Bericht 20* (S. 35-50). Potsdam: Universitätsverlag Potsdam.
- Leisner-Bodenthin, A. (2006). Zur Entwicklung von Modellkompetenz im Physikunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfdN)*(12), 91-109.

- Lutz, B., & Pfeifer, P. (2002). Modelle und Modellvorstellungen in der Chemie und im Chemieunterricht. In *Konkrete Fachdidaktik Chemie* (S. 49-56). Oldenbourg Schulbuchverlag.
- Müller, V. (12. Juli 2009). *Realität und Potenzial selbstregulierten Lernens: Untersuchungen zur Optimierung des Lehrkonzepts für computerunterstütztes Lernen im Praktikum Biologie für Mediziner der Universität Köln*. Universität zu Köln. Köln: Dissertation.
- Mahr, B. (2008). Ein Modell des Modellseins. Ein Beitrag zur Aufklärung des Modellbegriffs. In U. Dirks, & E. Knobloch (Hrsg.), *Modelle* (S. 187-218). Frankfurt am Main: Peter Lang.
- Mayring, P. (2002). *Einführung in die qualitative Sozialforschung. Eine Anleitung zu qualitativem Denken* (5. Auflage Ausg.). Weinheim: Beltz.
- McComas, W. (1998). *The Nature of Science in Science Education – Rationales and Strategies*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Mikelskis-Seifert, S. (2002). *Die Entwicklung von Metakzepten zur Teilchenvorstellung bei Schülern: Untersuchung eines Unterrichts über Modelle mithilfe eines Systems multipler Repräsentationsebenen*. Berlin: Logos-Verlag.
- Mikelskis-Seifert, S. (2004). *Entdecken, Erforschen, Erklären im naturwissenschaftlichen Unterricht der Grundschule*. Kiel: IPN Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik an der Universität Kiel.
- Mikelskis-Seifert, S. (Februar 2005). Denken in und mit Modellen - die oft vernachlässigte naturwissenschaftliche Arbeitsweise. *Piko-Brief Nr. 5*.
- Mikelskis-Seifert, S. (2010). PIKO Brief 8. Denken in und mit Modellen. *Physik im Kontext*.
- Mikelskis-Seifert, S., & Fischler, H. (2003). Die Bedeutung des Denkens in Modellen bei der Entwicklung von Teilchenvorstellungen - Empirische Untersuchung zur Wirksamkeit der Unterrichtskonzeption. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*(Jg. 9), S. 89-103.
- Mikelskis-Seifert, S., Thiele, M., & Wünscher, T. (2005). Modellieren. Schlüsselfähigkeit für physikalische Forschungs- und Lernprozesse. *PhyDid A, Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 1(4), S. 30-46.
- Minnerop-Haeler, E. (2013). Die Lernwerkstatt Donaustadt. Ein Beispiel für gelebte Inklusion. *Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie*(Nr. 135), 36-39.
- Musch, J. (1999). Die Gestaltung von Feedback in computergestützten Lernumgebungen: Modelle und Befunde. *eitschrift für Pädagogische Psychologie*(Vol. 13(3)), S. 148-160.

- Niegmann, H., Domagk, S., Hessel, S., Hein, A., Huper, M., & Zobel, A. (2008). *Kompendium multimediales Lernen*. Berlin: Springer.
- Oeser, E. (2003). *Popper, der Wiener Kreis und die Folgen. Die Grundlagendebatte der Wissenschaftstheorie*. Wien: WUV.
- Peschel, F. (2002). *Offener Unterricht: Idee, Realität, Perspektive und ein praxisorientiertes Konzept zur Diskussion*. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren.
- Popper, K. R. (2004). *Alles Leben ist Problemlösen. Über Erkenntnis, Geschichte und Politik*. München, Zürich: Piper.
- Prediger, S., Komorek, M., Fischer, A., Hinz, R., Hußmann, S., Moschner, B., . . . Thiele, J. (2013). Der lange Weg zum Unterrichtsdesign. Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme. In M. Komorek, & S. Prediger (Hrsg.), *Der lange Weg zum Unterrichtsdesign. Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme* (S. 9-23). Münster [u.a.]: Waxmann.
- Reiß, G., & Werner, B. (2015). Offener Unterricht. In U. Heimlich, & F. B. Wember (Hrsg.), *Didaktik des Unterrichts im Förderschwerpunkt Lernen. Ein Handbuch für Studium und Praxis* (S. 112-124). Kohlhammer.
- Reinmann, G. (2015). Studententext Didaktisches Design. (5). Hamburg.
- Rheinberg, F. (2006). *Motivation* (6., überarbeitete und erweiterte Auflage Ausg.). Stuttgart: Kohlhammer.
- Sandmann, A. (2014). Lautes Denken - Die Analyse von Denk-, Lern- und Problemlöseprozessen. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.). Berlin/Heidelberg: Springer.
- Schnotz, W. (2014). An Integrated Model of Text and Picture Comprehension. In R. E. Mayer, *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (Second edition Ausg., S. 72-103). New York: Cambridge University Press.
- Schnotz, W., Eckhardt, A., Molz, M., Niegmann, H., Hochscheid-Mauel, D., & Hessel, S. (2004). Deconstructing instructional design models: Toward an integrative conceptual framework for instructional design research. In H. Niegmann, D. Leutner, & R. Brünken (Hrsg.), *Instructional design for multimedia learning* (S. 71-90). Münster, New York: Waxmann.
- Seel, N. (1981). *Lernaufgaben und Lernprozesse*. Stuttgart: Kohlhammer.

- Sodian, B., Thoermer, C., Kircher, E., Grygier, P., & Günther, J. (2002). Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule. (M. Prenzel, & J. Doll, Hrsg.) *Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft; 45*, S. 192-206.
- Sowa, F., Staples, R., Theuer, S., & Althaus, R. (2013). Betreuungsgespräche in der Arbeitsverwaltung teilnehmend beobachten. Reflexion über eine Methode der qualitativen Sozialforschung. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research*.
- Spitzer, M. (2006). *Lernen - Gehirnforschung und die Schule des Lebens*. Heidelberg: Spektrum, Akad. Verlag.
- Steinbuch, K. (1977). Denken in Modellen. In G. Schäfer, G. Trommer, & K. Wenk (Hrsg.), *Denken in Modellen*. Braunschweig: Westermann.
- Steinbuch, K. (1985). Modell und Mystik. *Naturwissenschaftliche Rundschau*(38. Jahrg., Heft 8), S. 307-311.
- Terzer, E., & Upmeyer zu Belzen, A. (2007). Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung durch Modelle - Modellverständnis als Grundlage für Modellkompetenz. (M. Hesse, & M. Ewig, Hrsg.) *Berichte aus Institutionen für Didaktik der Biologie (IDB), Bd 16, Nr. 1*, S. 33-56.
- Thissen, F. (1997). Das Lernen neu erfinden - konstruktivistische Grundlagen einer Multimedia-Didaktik. (U. Beck, & W. Sommer, Hrsg.) *Europäischer Kongress für Bildungstechnologie und betriebliche Bildung*, S. 69-79.
- Trier, U., & Upmeyer zu Belzen, A. (2009). "Die Wissenschaftler nutzen Modelle, um etwas Neues zu entdecken, und in der Schule lernt man einfach nur, dass es so ist." - Schülervorstellungen zu Modellen. In D. Krüger, A. Upmeyer zu Belzen, S. Hof, K. Kremer, & J. Mayer (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik 8* (S. 23-37).
- Upmeyer zu Belzen, A., & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*(Jg. 16).
- Urhahne, D., & Hopf, M. (2004). Epistemologische Überzeugungen in den Naturwissenschaften und ihre Zusammenhänge mit Motivation, Selbstkompetenz und Lernstrategien. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*(Jg. 10), S. 71-87.
- Vollmer, G. (2002). *Evolutionäre Erkenntnistheorie: angeborene Erkenntnisstrukturen im Kontext von Biologie, Psychologie, Linguistik, Philosophie und Wissenschaftstheorie*. Stuttgart, Leipzig: Hirzel Verlag.
- Wallrabenstein, W. (1994). *Offene Schule - offener Unterricht : Ratgeber für Eltern und Lehrer*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.

- Walter, H. (2006). Neuronale Grundlagen des Bewusstseins. In H.-O. Kanrath, & P. Thier (Hrsg.), *Neuropsychologie* (S. 555-564). Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Weidle, R., & Wagner, A. (1982). Die Methode des Lauten Denkens. In G. Huber, & H. Mandl (Hrsg.), *Verbale Daten - Eine Einführung in die Grundlagen und Methoden der Erhebung und Auswertung* (S. 81-103). Weinheim und Basel: Beltz.
- Weinert, F. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessung in Schulen* (S. 17-31). Weinheim: Beltz.
- Widodo, A., & Duit, R. (2004). Konstruktivistische Sichtweisen vom Lehren und Lernen und die Praxis des Physikunterrichts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*(Jg. 10), S. 233-255.
- Zandl, R. (2011). *Emotion und Kognition. Evaluation von emotionalem Bildmaterial unter Berücksichtigung von Emotionsregulation und Kontrollüberzeugung*. Diplomarbeit, Universität Wien, Psychologie.
- Zimbardo, P., & Gerrig, R. (2004). *Psychologie* (16., aktualisierte Auflage Ausg.). München: Pearson Studium.

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Das Modellobjekt und seine konstruktiven Beziehungen verändert nach Mahr (2008), zitiert nach Upmeier zu Belzen & Krüger (2010, S. 45) .....	13
Abbildung 2: Zusammenhänge zwischen Sachverhalt, Denk- und Anschauungsmodell nach Steinbuch (1977), zitiert nach (Lutz & Pfeifer, 2002, S. 49) .....	15
Abbildung 3: Zusammensetzung und Einbettung von Modellkompetenz nach (Leisner-Bodenthin, 2006, S. 93).....	19
Abbildung 4: Grundidee eines Unterrichts über Modelle nach Mikelskis-Seifert (2002) .....	35
Abbildung 5: Vereinfachte Darstellung des Information-Processing-Modells nach (Johnstone, 1997).....	42
Abbildung 6: Schematischer Ablauf der Entwicklungsarbeit .....	57
Abbildung 7: Die Lernwerkstatt. Ansicht des Klassenzimmers, aufgenommen am 28.02.2017 (Foto: Verf.).....	59
Abbildung 8: Die Lernwerkstatt. Ansicht der Auswahl an Lernschachteln, aufgenommen am 28.02.2017 (Foto: Verf.).....	59
Abbildung 9: Ablaufschema der qualitativen Inhaltsanalyse in Anlehnung an Kuckartz (2016) .....	67
Abbildung 10: Schematischer Ablauf der Materialentwicklung – Fokus auf Version 1 .....	68
Abbildung 11: Aufgabe „Der Globus“, Version 1 .....	75
Abbildung 12: Aufgabe „Die Black-Box“, Version 1 .....	76
Abbildung 13: Schematischer Ablauf der Materialentwicklung - Fokus auf Version 2 .....	80
Abbildung 14: Veränderung von Version 1 zu Version 2 hinsichtlich von Informationstext zu einem Arbeitsauftrag .....	81
Abbildung 15: Veränderung der Aufgabenstruktur von Version 1 zu Version 2 .....	82
Abbildung 16: Die finale Lernschachtel im geöffneten Zustand (Foto: Verf.) .....	84
Abbildung 17: Die finale Lernschachtel mit zur Schau gestellten Inhalt (Foto: Verf.) .....	84
Abbildung 18: Gegenüberstellung von Version 1 und Version 2 der Aufgabe "Der Globus".	87
Abbildung 19:Gegenüberstellung von Version 1 und Version 2 der Aufgabe "Die Black-Box" .....	88
Abbildung 20. Aufbau des Kategoriensystems .....	90
Abbildung 21: Antwort der Testpersonen aus Aufgabe 1 .....	104
Abbildung 22: Antwort der Testpersonen aus Aufgabe 4.....	104
Abbildung 23: Antwort der Testpersonen aus Aufgabe 6.....	105

Abbildung 24: Antwort der Testpersonen aus Aufgabe 7 .....	105
Abbildung 25: Antwort der Testpersonen aus Aufgabe 8 .....	106
Abbildung 26: Antwort der Testpersonen aus Aufgabe 9 .....	107
Abbildung 27: Schematischer Ablauf der Materialentwicklung - Fokus auf Version 3 .....	108
Abbildung 28: Dialog aus Aufgabe 1 "Die Modelleisenbahn" in Form eines Comics - Version 3, erstellt auf www.pixton.com .....	109
Abbildung 29: Modifizierte Version der Aufgabe "Die Black-Box" – Version 3 .....	110
Abbildung 30:Veränderte Lösung zur Aufgabe "Die Black-Box" .....	111

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Formen des Realismus (Vollmer, 2002, S. 35) .....	10
Tabelle 2: Beschreibung der Levels des Modellverständnisses nach Terzer & Upmeier zu Belzen (2007, S. 42) .....	23
Tabelle 3: In der Planung formulierte Lernziele des Unterrichtsmaterials, dargestellt nach den Levels des Modellverständnisses von (Terzer & Upmeier zu Belzen, 2007). MV1: Modellbegriff; MV2: Unterschiede zwischen Modell und Original; MV5: Zweck von Modellen; MV6: Modellkonstruktion; MV7: Veränderbarkeit von Modellen und Multiple Modelle.....	70
Tabelle 4: Auflistung der Aufgaben der Version 1 des Materials mit den zugehörigen Lernzielen. ....	74
Tabelle 5: Auflistung der Aufgaben der Version 2 des Materials mit den zugehörigen Lernzielen, welche dem Modellverständnis nach (Terzer & Upmeier zu Belzen, 2007) zugeordnet sind.....	86
Tabelle 6: Kategoriensystem für die qualitative Inhaltsanalyse.....	92
Tabelle 7: Klarheit der SchülerInnen über den Arbeitsablauf der einzelnen Aufgaben. ....	93
Tabelle 8: Darstellung der Angemessenheit des Textes für SchülerInnen.....	95
Tabelle 9: Darstellung der Fragen des Abschlussgesprächs und der Antworten der TeilnehmerInnen .....	103

# Zusammenfassung

In der vorliegenden Diplomarbeit sollte Unterrichtsmaterial für die Einführung zum Modellbegriff in der 5. Schulstufe bzw. 6. Schulstufe in einem offenen Lernarrangement entwickelt werden. Dazu wurde zunächst in einer theoretischen Abhandlung geklärt, wie der Modellbegriff dargestellt werden kann und welche Ansichten diesbezüglich als adäquat gesehen werden. Zu diesem Zweck wird der Begriff des Modellverständnisses nach Terzer & Upmeyer zu Belzen (2007) herangezogen.

Anschließend wurden Aspekte auf der Ebene der Gestaltung von Aufgaben bzw. von Lernmaterialien dargestellt, die für die Entwicklung von Unterrichtsmaterial relevant sind und den Lernprozess fördern können.

In der empirischen Untersuchung wurde die Genese des entwickelnden Unterrichtsmaterials dargestellt. In einer abschließenden Diskussion wurden lernförderliche und hinderliche Aspekte behandelt, die im Zuge dieser Diplomarbeit erkannt wurden.

# Anhang

## Anhang 01: Beobachtungsbogen

Aufgabe: \_\_\_\_ Bearbeitungszeit: von \_\_\_\_ bis \_\_\_\_

Tool	Beobachtungs-Leitfragen	Beobachtung (zeigt sich durch)
Text	<input type="checkbox"/> Ist das <b>Textvolumen</b> angemessen? <input type="checkbox"/> Wird der Text <b>verstanden</b> ? <input type="checkbox"/> Sind <b>Begriffe</b> unklar?	
Material	<input type="checkbox"/> Ist die Angabe <b>verständlich</b> ? <input type="checkbox"/> Ist der <b>Ablauf</b> klar? <input type="checkbox"/> Kommen SuS mit dem <b>Unterrichtsmaterial</b> zurecht?	
Aktivität	<input type="checkbox"/> Arbeiten beide SuS? <input type="checkbox"/> Welche <b>Aktivität</b> zeigen SuS?	
Emotion	<input type="checkbox"/> Zeigen SuS <b>Emotionen</b> ? (Freude, Begeisterung, Staunen, negative Emotionen)	

Aufgabe: \_\_\_\_ Bearbeitungszeit: von \_\_\_\_ bis \_\_\_\_

Tool	Beobachtungs-Leitfragen	Beobachtung (zeigt sich durch)
Inhalt	<input type="checkbox"/> Ist der <b>Schwierigkeitsgrad</b> angemessen? <input type="checkbox"/> Wird an die <b>Lebenswelt</b> der SuS angeknüpft? <input type="checkbox"/> Können SuS die Aufgabe <b>lösen</b> ? <input type="checkbox"/> Wie wird die Lösung angenommen?	
Struktur	<input type="checkbox"/> Wird eine <b>aufbauende Struktur</b> erkannt? <input type="checkbox"/> Wird auf <b>Vorkenntnisse</b> (auch vorige Beispiele) aufgebaut?	
MV	<input type="checkbox"/> Wird ein <b>Modellverständnis</b> aufgebaut? <input type="checkbox"/> Werden <b>Erkenntnisse</b> erlangt? <input type="checkbox"/> Gibt es <b>Fehlvorstellungen</b> ?	

# 1

## Die Modelleisenbahn



Nimm dir die Modelleisenbahnen aus dem Beutel 1.

Was ist eigentlich ein Modell?



Nimm dir das Blatt „Dialog zu der Modelleisenbahn“. Lies den Dialog und beantworte danach diese Fragen:

märklin



Warum meint Philipp, dass nur Märklin-Eisenbahnen richtige Modelleisenbahnen sind?



.....  
.....

Welche der beiden ist deiner Meinung nach eine Modelleisenbahn?



.....  
.....

**Philipp und Sandra haben recht. Beide Modell-Lokomotiven haben Eigenschaften einer echten Lokomotive. Deshalb sind auch beide Modelleisenbahnen.**

Welche Eigenschaften einer echten Lokomotive zeigen die beiden Modell-Lokomotiven?



.....  
.....

Welche Eigenschaften einer echten Lokomotive haben die beiden Modell-Lokomotiven nicht?



.....  
.....



Vergleiche mit der Lösung!



Räume das Material zurück in die Schachtel!

Aufgabenidee basierend auf Stäudel et al. (2006): Symbole & Grafiken: [http://www.clipartpanda.com/clipart\\_images/clip-art-hand-3130011](http://www.clipartpanda.com/clipart_images/clip-art-hand-3130011), <http://www.boy-lornsen-grundschule.de/images/download/Zeitung1314/Zeitung2.gif>, <http://toys2learn.com.au/products/copy-of-brjo-old-steam-engine>, [https://www.maerklin.de/de/produkte/details/article/36244/21/?tx\\_torrrpdb\\_pi1%5Bbacklink%5D=21&tx\\_torrrpdb\\_pi1%5Bpage%5D=1&tx\\_torrrpdb\\_pi1%5Bperpage%5D=10&tx\\_torrrpdb\\_pi1%5Bera%5D=&tx\\_torrrpdb\\_pi1%5Bnewonly%5D=0&tx\\_torrrpdb\\_pi1%5Bgaugechoice%5D=2&tx\\_torrrpdb\\_pi1%5Bgroupchoice%5D=1&tx\\_torrrpdb\\_pi1%5Bsubgroupchoice%5D=&tx\\_torrrpdb\\_pi1%5Bfilter%5D=1&tx\\_torrrpdb\\_pi1%5Bpagesort%5D=artnrasc&tx\\_torrrpdb\\_pi1%5BbrandId%5D=1&tx\\_torrrpdb\\_pi1%5BnoPaging%5D=-](https://www.maerklin.de/de/produkte/details/article/36244/21/?tx_torrrpdb_pi1%5Bbacklink%5D=21&tx_torrrpdb_pi1%5Bpage%5D=1&tx_torrrpdb_pi1%5Bperpage%5D=10&tx_torrrpdb_pi1%5Bera%5D=&tx_torrrpdb_pi1%5Bnewonly%5D=0&tx_torrrpdb_pi1%5Bgaugechoice%5D=2&tx_torrrpdb_pi1%5Bgroupchoice%5D=1&tx_torrrpdb_pi1%5Bsubgroupchoice%5D=&tx_torrrpdb_pi1%5Bfilter%5D=1&tx_torrrpdb_pi1%5Bpagesort%5D=artnrasc&tx_torrrpdb_pi1%5BbrandId%5D=1&tx_torrrpdb_pi1%5BnoPaging%5D=-), <http://www.lernbiene.de>



## 2 Modellautos im Vergleich

 Nimm dir die Modellautos aus dem Beutel 2.

Vergleiche die verschiedenen Modellautos.



Welche Eigenschaften haben sie?  
Kreuze die passenden Eigenschaften an:



Modell	Kann es fahren?	Hat es einen Motor?	Hat es ein bewegliches Lenkrad?	Sieht es aus wie ein echtes Auto?	Hat es Scheinwerfer?	Lässt sich eine Tür öffnen?
Duplo-Auto						
Miniatur-Auto (weißes Modellauto)						
Auto mit Rückzugmotor						
Bobby Car 						

Was soll bei jedem Modellauto besonders gezeigt werden? Schau auf deine ausgefüllte Tabelle und vergleiche mit einem echten Auto.



Verbinde die Aussagen so, dass du die Frage beantwortest:  
Mit diesem Modell kann ich besonders gut erklären, dass ...

 Kärtchen aus dem Beutel 3.

Mit diesem Modell	kann ich besonders gut erklären
Duplo-Auto	
Miniatur-Auto (weißes Modellauto)	
Auto mit Rückzugmotor	
Bobby Car	



Aufgabenidee basierend auf Stäudel et al. (2006); Symbole & Grafiken: [http://www.clipartpanda.com/clipart\\_images/clip-art-hand-313001](http://www.clipartpanda.com/clipart_images/clip-art-hand-313001), <http://www.lernbiene.de>, <https://de.depositphotos.com/156669526/stock-illustration-outline-icon-building-blocks.html>, <http://www.big.de/de/produkte/big-bobby-car/>

## 3

## Das Modell-Wissens-Quiz

Ich kann Modelle verwenden, um damit etwas zu erklären!



Kreuze die richtigen Antworten an!

Zwischen einem Modellauto und einem echten Auto gibt es ...	... keinen Unterschied.	<input type="checkbox"/>
	... Unterschiede.	<input type="checkbox"/>
Ein Modellauto ...	... soll ein echtes Auto darstellen.	<input type="checkbox"/>
	... ist dasselbe wie ein echtes Auto.	<input type="checkbox"/>
Ein Modellauto hat ...	... genau dieselben Eigenschaften wie ein echtes Auto.	<input type="checkbox"/>
	... nur bestimmte Eigenschaften von einem echten Auto.	<input type="checkbox"/>
Mit einem Modellauto kann ich ...	... etwas erklären.	<input type="checkbox"/>
	... einfach nur spielen.	<input type="checkbox"/>
Manche Modellautos ...	... zeigen besser, wie ein echtes Auto aussieht oder wie es funktioniert als andere Modellautos.	<input type="checkbox"/>
	... sind richtig, andere Modellautos sind falsch.	<input type="checkbox"/>
Damit ich verschiedene Eigenschaften von einem echten Auto erklären kann, ...	... hilft es mir, mehrere Modellautos zu haben.	<input type="checkbox"/>
	... brauche ich nur ein Modellauto.	<input type="checkbox"/>

MERKE: 

Objekte wie ein echtes Auto oder eine echte Eisenbahn sind die Vorlage für Modelle. Wir nennen sie das **Original**. Modelle stellen ein Original dar.



Symbole & Grafiken: <http://www.lernbiene.de>, <http://diysolarpanelsv.com/gluhbirne-idee-clipart.html>

# 4

## Die Modellbrücke

Stefan kennt das Wort Brücke nicht.  
Überlege dir, welche Eigenschaft eine Brücke für dich ausmacht.



Nimm die Lego-Bausteine und **baue** damit **eine Brücke**, um Stefan damit erklären zu können, was eine Brücke ist!



Nimm dir die **Legobausteine** aus dem Beutel 4.

Stefan fragt sich nun, ob eine echte Brücke auch immer so bunt ist wie deine Modellbrücke. Was ist deine Antwort darauf?



.....

.....

Schau doch mal genau in die Schachtel.  
Dort findest du ein Kuvert, in dem ein Foto einer echten Brücke ist.



Nimm das Foto und vergleiche die Brücke auf dem Foto mit deiner Modellbrücke. Erkläre Stefan, welche Gemeinsamkeiten es gibt und wo Unterschiede zu deinem Modell sind:

Gemeinsamkeiten:	Unterschiede:



Aufgabenidee basierend auf Mikelskis-Seiffert (2004); Symbole & Grafiken: [http://www.clipartpanda.com/clipart\\_images/clip-art-hand-3130011](http://www.clipartpanda.com/clipart_images/clip-art-hand-3130011), <http://www.lernbiene.de>, <https://de.depositphotos.com/156669526/stock-illustration-outline-icon-building-blocks.html>, <https://www.dreamstime.com/stock-photography-children-cartoon-characters-image23927882>

## 5

## Das Modell-Bau-Quiz

Ich kann Modelle selber bauen, um damit etwas zu erklären!



Richtig oder falsch?  
Streiche das falsche Wort durch!

Wenn du etwas machst, um damit ein bestimmtes Ziel zu erreichen, sagt man, dass deine Handlung (also das, was du machst) einen Zweck hat.

Wenn ich ein Modell selber baue, überlege ich mir **vorher** | **nachher** , welchen Zweck das Modell haben soll.

Wie gelangt man über einen Fluss?

Der Zweck einer Modellbrücke **ist** | **ist nicht** zu erklären, wie man über einen Fluss gelangen kann.

Alles, was für die Erklärung **wichtig** | **nicht wichtig** ist, kann ich in meinem Modell weglassen.

Ein Modell ist eine **einfachere** | **kompliziertere** Darstellung eines Originals.



# 6

## Der Globus

 In der Lernwerkstatt findest du einen Globus.

Du kennst sicherlich einen Globus und weißt, dass dieser ein Modell für die Erde ist. Nimm dir den Globus.

Was kann dir der Globus zeigen, was du sonst nicht so einfach sehen kannst?



.....  
.....  
.....  
.....

 Kärtchen aus dem Beutel 5.



Im Beutel 5 findest du Kärtchen. Fülle den Lückentext mit den passenden Kärtchen:

Die Erde ist sehr groß und \_\_\_\_\_ sich.

Das merkst du so gar nicht oder?

Der Globus hilft dir, eine bessere \_\_\_\_\_ von der Erde zu bekommen.

Der Globus hilft dir, die Erde \_\_\_\_\_ .



Aufgabenidee basierend auf Mikelskis-Seifert (2004); Symbole & Grafiken: [http://www.clipartipanda.com/clipart\\_images/clip-art-hand-313001](http://www.clipartipanda.com/clipart_images/clip-art-hand-313001), <http://www.lernbiene.de>, <https://de.depositphotos.com/156669526/stock-illustration-outline-icon-building-blocks.html>

# 7

## Das Modell-Skelett



Nimm dir das Modell-Skelett aus der Schachtel.

Schaue dir das Modell eines menschlichen Skeletts an. Was kannst du damit veranschaulichen?



Kreuze das Richtige an:

- Wie groß ein Mensch ist.
- Wie das menschliche Knochengerüst aufgebaut ist.
- Wie schwer ein Mensch ist.



Überlege dir noch zwei Sachen, die du mit dem Modell-Skelett erklären kannst:



.....

.....

.....

.....



,

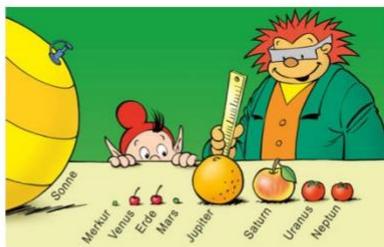


# 8 Modelle des Sonnensystems

Weißt du schon etwas über das Sonnensystem?  
Hast du noch Zeit?  
Wenn ja, dann probiere diese Aufgabe!

Oft gibt es zu einem Original mehrere verschiedene Modelle, wobei jedes Modell etwas anderes besonders gut zeigt.  
Erinnere dich dabei an die Aufgabe 2 mit den Modellautos.

Hier sind Fotos von zwei verschiedenen Modellen des Sonnensystems.  
Erkläre, was mit diesen beiden Modellen besonders gut gezeigt werden kann:



Was kann dieses Modell erklären?

---



---



---



---

Was kann dieses Modell erklären?

---



---



---



---

Welche Eigenschaften hat dieses Modell, das das Original nicht hat?

---



---



---



---

Welche Eigenschaften hat dieses Modell, das das Original nicht hat?

---



---



---



---



Symbole & Grafiken: <http://www.lernbiene.de>, <https://www.dietwald-doblies.de/150-lurchi-auf-dem-mars/>, <https://www.natureetdecouvertes.com/enfant/materiel-montessori/biologie-geographie/mobile-des-planetes-du-systeme-solaire-30153970>

# 9

## Die Black-Box



Nimm dir  
Black-Box A  
und Black-Box B  
aus der Schachtel.

Eine Black-Box ist eine Box, in die du nicht hineinschauen kannst.

In der Black-Box ist eine Kugel, die auf eingebaute Wände trifft. Wenn du die Black-Box bewegst, kannst du Geräusche hören.



➤ Jeder von euch nimmt sich eine Black-Box!



Untersuche die Black-Box, indem du sie bewegst.  
Überlege dir, wie sie innen aussehen könnte.  
Zeichne eine Skizze davon auf ein Blatt Papier!

➤ Tauscht die Black-Boxen!



Untersuche jetzt die andere Black-Box.  
Überlege dir, wie diese Black-Box innen aussehen könnte.  
Zeichne auch davon eine Skizze.

➤ Vergleicht eure Skizzen!

	Black-Box A	Black-Box B
	Einigt euch auf eine gemeinsame Skizze von Black-Box A. Zeichnet sie hier ein:	Einigt euch auf eine gemeinsame Skizze von Black-Box B. Zeichnet sie hier ein:
	<div style="border: 1px solid black; height: 150px; width: 100%;"></div>	<div style="border: 1px solid black; height: 150px; width: 100%;"></div>

MERKE: 

Du untersuchst die Black-Box und machst dir in deinen Gedanken eine Vorstellung, wie die Black-Box innen aussehen könnte. Man nennt so etwas ein **Denkmodell**. Ein Denkmodell hilft dir, etwas Neues zu erforschen!



Aufgabenidee basierend auf Mikelskis-Seifert (2004); Symbole & Grafiken: [http://www.clipartpanda.com/clipart\\_images/clip-art-hand-313001](http://www.clipartpanda.com/clipart_images/clip-art-hand-313001), <http://www.lernbiene.de>, <https://www.ateachers.de/?action=show&id=672893&page=0>, <https://www.colourbox.de/vektor/vektor-11325748>, <http://diysolarpanelsv.com/globbirne-idee-clipart.html>

# 10 Prüfe dein Wissen über Modelle



Schüttelwörter:  
Bringe die Buchstaben in die richtige Reihenfolge:

- MDOLLE \_\_\_\_\_
- OGRNIAL \_\_\_\_\_



Fülle den Lückentext: Verwende die Wörter in der Box:

Menschen	Unterschiede	einfachere	bestimmte
Globus	erklären	Zweck	Denkmodell

## Auf der Suche nach Erklärung:

Mit Modellen kann ich etwas .....



Ich kann Modelle wie den ..... oder ein Modell-Skelett verwenden, um Vorgänge in der Natur zu erklären.



Mit einem ..... kann ich neue Dinge erforschen.

## Modelle haben spezielle Eigenschaften:



Modelle werden von ..... gemacht.

Modelle haben einen bestimmten .....

Es gibt ..... zwischen einem Modell und seinem Original.

Modelle sind ..... Darstellungen von einem Original.

Modelle haben nur ..... Eigenschaften von einem Original. Andere Eigenschaften werden weggelassen.



Ordne diesen Zettel in deine Mappe ein.

Symbole & Grafiken: <http://www.lernbiene.de>, <http://www.shirt-speaker.com/t-shirts/love-heart/couples.html>, <http://www.clipartfree.de/clipart-bilder-galerie/einschulung-bilder-clipart/globus-bild-kostenlos-1149.html>, <https://www.4teachers.de/?action=show&id=671456&page=1>

LÖSUNGEN

1 Die Modelleisenbahn

Warum meint Philipp, dass nur Märklin-Eisenbahnen richtige Modelleisenbahnen sind?

**Sie sehen genauso aus wie echte Lokomotiven. Die Räder werden wie bei einer echten Lokomotive angetrieben.**

Welche Eigenschaften einer echten Lokomotive zeigen die beiden Modell-Lokomotiven?

**Aussehen:**

- **Sie haben die Form einer echten Lokomotive.**
- **Sie sehen so ähnlich aus wie eine echte Lokomotive.**

**Funktion:**

- **Sie können fahren.**
- **Sie können Waggone nachziehen.**

Welche Eigenschaften einer Lokomotive haben die beiden Modell-Lokomotiven nicht?

**Aussehen:**

- **Größe: Sie sind kleiner als echte Lokomotiven.**
- **Gewicht: Sie sind leichter als echte Lokomotiven.**
- **Material: Sie sind aus Plastik und nicht aus Stahl, so wie eine echte Lokomotive.**

**Funktion:**

- **Man kann sich nicht hineinsetzen.**
- **Sie werden nicht wie eine echte Lokomotive durch Dampf, Diesel oder Starkstrom angetrieben.**

Die angegebenen Lösungen sind nur ein paar Möglichkeiten, die du hinschreiben kannst. Vielleicht hast du auch andere Eigenschaften gefunden, die die beiden Modell-Lokomotiven haben oder auch nicht haben.

## LÖSUNGEN

### 2 Modellautos im Vergleich

Modell	Kann es fahren?	Hat es einen Motor?	Hat es ein bewegliches Lenkrad?	Sieht es aus wie ein richtiges Auto?	Hat es Scheinwerfer?	Lässt sich eine Tür öffnen?
Duplo-Auto	X					
Miniatur-Auto (weißes Modellauto)				X	X	X
Auto mit Rückzugmotor	X	X		(X)		
Bobby Car	X		X			

Erklärung:

Ein „X“ heißt, dass dieses Modell die Eigenschaft hat.

Ein „(X)“ in Klammer heißt, dass man hier ein Kreuz machen kann, aber nicht muss.

In diesem Fall stimmt beides.

Mit diesem Modell kann ich besonders gut erklären, dass:

- **Duplo** : ein Auto vier Räder hat
- **Miniatur-Auto** : wie ein Auto aussieht:  
(weißes Modellauto) es hat Türen zum Einsteigen, Scheinwerfer, um im dunklen fahren zu können, ...
- **Rückzug-Auto** : ein Auto durch einen Motor angetrieben wird
- **Bobby Car** : ein Auto mit einem Lenkrad gesteuert wird

## LÖSUNGEN

4

### Die Modellbrücke

Stefan fragt sich, ob eine echte Brücke auch immer so bunt ist wie deine Modellbrücke.

Deine Antwort könnte sein:

**Nein, meine Brücke ist doch nur ein Modell. Ein Modell unterscheidet sich immer von einem Original. Die Farbe ist hier nicht wichtig. Ich will dir eine andere Eigenschaft einer Brücke zeigen.**

Gemeinsamkeiten könnten sein:

**Die Form, die erkennen lässt, dass es sich um eine Brücke handelt.**

**Die Funktion, dass die Brücke über etwas drüber führt, wie zum Beispiel einen Fluss oder eine Straße. Durch die Brücke kann man von einem Ufer zum anderen kommen.**

Unterschiede könnten sein:

**Die Größe, das Gewicht, die Farbe, das Baumaterial, ...**

5

### Das Modell-Bau-Quiz

Wenn ich ein Modell selber baue, überlege ich mir **vorher** | ~~nachher~~ ,  
welchen Zweck das Modell haben soll.

Wie gelangt man über einen Fluss?

Der Zweck einer Modellbrücke **ist** | ~~ist nicht~~ zu erklären, wie man über einen Fluss gelangen kann.

Alles, was für die Erklärung ~~wichtig~~ | **nicht wichtig** ist, kann ich in  
meinem Modell weglassen.

Ein Modell ist eine **einfachere** | ~~kompliziertere~~ Darstellung eines  
Originals.

## LÖSUNGEN

### 6 Der Globus

Was kann dir der Globus zeigen, was du sonst nicht so einfach sehen kannst?

**Zum Beispiel, dass die Erde ein kugelförmiger Planet ist. Oder aber auch, dass sich die Erde dreht. Der Globus kann dir zeigen, wie die Form und die Lage der Kontinente und Ozeane sind. Außerdem kann er dir Orientierung auf der Erde geben, indem du zum Beispiel Länder und Städte eingezeichnet siehst.**

Lückentext:

Die Erde ist sehr groß und **rund und dreht** sich.

Das merkst du so gar nicht oder?

Der Globus hilft dir, eine bessere **Vorstellung** von der Erde zu bekommen.

Der Globus hilft dir, die Erde **zu veranschaulichen**.

### 7 Das Modell-Skelett

Was kannst du dir damit veranschaulichen?

**Wie das menschliche Knochengerüst aufgebaut ist.**

Zwei Beispiele für Sachen, die du mit dem Skelett-Modell erklären kannst:

- **Man kann erkennen, dass das Skelett lang-gestreckte, stabförmige Knochen hat. Diese sind dazu da, um als bewegliche Stütze zu dienen, wie zum Beispiel die Arme und die Beine.**
- **Man kann erkennen, dass das Skelett Knochen hat, die viel kräftiger sind und aussehen wie Platten. Diese nennt man Plattenknochen. Sie sind fest miteinander verwachsen, und funktionieren als Schutz, wie zum Beispiel die Schädelknochen für das Gehirn.**

**Was steckt dahinter?**

In den Naturwissenschaften verwendet man Modelle, um Vorgänge in der Natur zu beschreiben. Vorgänge sind Dinge, die vor sich gehen, also die passieren.

Ein Vorgang in der Natur ist zum Beispiel, dass sich die Erde dreht.

Manchmal sind diese Dinge so groß, dass man sie als Ganzes nicht sehen kann. Andere sind allerdings so klein, dass man sie mit bloßem Auge nicht sehen kann. Modelle wie der Globus oder das Modell-Skelett helfen uns dabei, etwas zu erklären und zu veranschaulichen.

8

### Modelle des Sonnensystems



Was kann dieses Modell erklären?

**Es kann erklären, wie die Lage der Planeten und der Sonne ist.**

**Es kann erklären, wie die Größenverhältnisse der Planeten zur Sonne sind.**

Welche Eigenschaften hat dieses Modell, das das Original nicht hat?

**Die Planetenmodelle liegen auf einer Tischoberfläche auf.**

**Die Planetenmodelle sind aus anderen Materialien als echte Planeten.**



Was kann dieses Modell erklären?

**Es kann erklären, wie sich die Planeten um die Sonne bewegen.**

Welche Eigenschaften hat dieses Modell, das das Original nicht hat?

**Die Planetenmodelle werden durch eine Stange gehalten und bewegt.**

**Die Planetenmodelle sind aus anderen Materialien als echte Planeten.**

9

### Die Black-Box

**Da wir in die Black-Box nicht hineinschauen können, wissen wir auch nie, ob das erstellte Modell richtig oder falsch ist.**

**Es gibt also keine richtige oder falsche Lösung.**

**Deshalb ist es wichtig, sein Modell mit anderen Forschenden zu vergleichen.**

**So kann man sein Modell verändern und verbessern.**

**Denkmodell sind in den Naturwissenschaften sehr wichtig.**

**Du wirst in Chemie, Physik und Biologie noch mehr darüber erfahren.**

10 Prüfe dein Wissen über Modelle

Schüttelwörter:

- MODELL
- ORIGINAL

Lückentext:

Mit Modellen kann ich etwas **erklären**.

Ich kann Modelle wie den **Globus** oder ein Modell-Skelett verwenden, um Vorgänge in der Natur zu erklären.

Mit einem **Denkmodell** kann ich neue Dinge erforschen.

Modelle werden von **Menschen** gemacht.

Modelle haben einen bestimmten **Zweck**.

Es gibt **Unterschiede** zwischen einem Modell und seinem Original.

Modelle sind **einfachere** Darstellungen von einem Original.

Modelle haben nur **bestimmte** Eigenschaften von einem Original. Andere Eigenschaften werden weggelassen.

Anhang 04: Subkategorien zur Sachkompetenz

Name der Kategorie	Definition	Ankerbeispiel	Hinweis für Codierende
<b>MV1: Modellbegriff</b>			
MV1_L1 Niedrige Ausprägung	Definition von Modellen als 3D-Kopien eines Originals.	»SchülerInnen erkennen Modelleisenbahn als Nachbau von echter Lokomotive an« (B01, 1)	Theoriekonformes Modellverständnis. Modell bezieht sich auf einen Gegenstand.
MV1_L2 Mittlere Ausprägung	Modellbegriff schließt zweidimensionale Abbildungen ein.	Kein Beispiel	
MV1_L3 Hohe Ausprägung	Modelle als theoretische Rekonstruktion von Realität auf der Grundlage der Vorstellungen einer Struktur, Funktion bzw. Theorie.	Kein Beispiel	
<b>MV2: Unterscheide zwischen Modell und Original</b>			
MV2_L1 Niedrige Ausprägung	Unterschied zum Original: Größe	Kein Beispiel	
MV2_L2 Mittlere Ausprägung	Annahme weiterer Unterschiede zum Original neben einem anderen Maßstab (Farbe, Funktion etc.)	»Unterschied zwischen der echten Brücke auf dem Foto und unserer Modellbrücke sind die Farbe, es stehen keine Menschen drauf, die Größe, Menschen können nicht drauf gehen, die Örtlichkeit, die Gewichtaufnahme, das Material« (B04, 34)	Es werden Unterschiede oder Gemeinsamkeiten von Modell und Original genannt, welche sich nicht ausschließlich auf die Größe beziehen.
MV2_L3 Hohe Ausprägung	Epistemischer Unterschied zwischen Modell und Original	Kein Beispiel	
<b>MV5: Zweck von Modellen</b>			
MV5_L1 Niedrige Ausprägung	Anschauungsfunktion	»Der Globus zeigt, wie die Welt aussieht« (B06, 41)	Veranschaulichung (rein um etwas sichtbar zu machen) und bessere Kommunizierbarkeit.
MV5_L2 Mittlere Ausprägung	Denkökonomische Funktion	»Ich dachte Modelle wären nur so zum Anschauen, aber jetzt weiß ich, dass man damit auch etwas erklären kann« (I, 130)	Förderung bzw. Erleichterung von Verständnis sowie besseres/leichteres Verständnis durch Veranschaulichung.
MV5_L3 Hohe Ausprägung	Heuristische Funktion	Kein Beispiel	

<b>MV6: Modellkonstruktion</b>		
MV6_L1 Niedrige Ausprägung	Kriterium der Ähnlichkeit und Entsprechung	Kein Beispiel
MV6_L2 Mittlere Ausprägung	Kriterium der Einfachheit und Adäquatheit	Kein Beispiel
MV6_L3 Hohe Ausprägung	Kriterium der Exaktheit und Effektivität	Kein Beispiel
<b>MV7: Veränderbarkeit von Modellen und Multiple Modelle</b>		
MV7_L1 Niedrige Ausprägung	Veränderung des Modells bei fachlicher Fehlerhaftigkeit oder Veränderung des Originals; Multiple Modelle nicht sinnvoll	Kein Beispiel
MV7_L2 Mittlere Ausprägung	Änderung des Modells bei neuen Erkenntnissen; Multiple Modelle zur Darstellung verschiedener Aspekte oder Ansichten	»Damit ich verschiedene Eigenschaften von einem echten Auto erklären kann, brauche ich nur eines – nein, man braucht mehrere Modellautos« (B03, 25)
MV7_L3 Hohe Ausprägung	Veränderung eines Modells und Bildung multipler Modelle, um Hypothesen zu testen bzw. im weiteren Sinne um zu forschen	Kein Beispiel

