

Zusammenfassung

Im Rahmen einer Kompetenzorientierung der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer sollen Schüler:innen unter anderem dazu in der Lage sein selbständig Hypothesen zu formulieren, die sich auf eine naturwissenschaftliche Fragestellung beziehen. Um diesen kognitiven Schritt vollziehen zu können, muss eine Problemsituation zunächst verstanden werden. Bisherige Untersuchungen deuten allerdings darauf hin, dass Schüler:innen Schwierigkeiten bereits beim Verstehen chemischer Problemsituationen haben und folglich auch Defizite bei der Hypothesenbildung aufweisen. In der vorliegenden Arbeit wurde somit der Frage nachgegangen, welche mentalen Prozesse für das domänenspezifische Verstehen verantwortlich sind, da die Chemiedidaktik hierzu bislang kaum Befunde liefert. Darüber hinaus fehlen geeignete Fördermaßnahmen, die sowohl das Verstehen als auch die Hypothesenbildung unterstützen.

Vor diesem Hintergrund wurde eine qualitative Studie durchgeführt, die in Form eines qualitativen Experiments organisiert wurde. Insgesamt wurden 18 Proband:innen der Jahrgangsstufe 11 dreier Berliner Gymnasien befragt. Zur Initiierung eines mentalen Modells wurden interaktive Demonstrationsvideos entwickelt, die unterschiedliche chemische Phänomene in einer Laborumgebung zeigen. Nachdem die Proband:innen eines der Videos gesichtet hatten, wurden sie aufgefordert eine Concept Map anzufertigen, die in dieser Arbeit als retrospektives und reflektiertes mentales Modell ausgewertet wurde. Danach wurden die Proband:innen dazu aufgefordert mit Hilfe der Concept Map eine Hypothese zu formulieren. Abschließend wurden sie in einem Leitfadeninterview zu ihrem individuellen Vorgehen bezüglich des Verstehens und der Hypothesenbildung befragt. Die Auswertung der Daten erfolgte anhand der Qualitativen Inhaltsanalyse. Hierfür wurden drei verschiedene Manuale erstellt, deren Basis deduktiv erarbeitete Kategorien zur Operationalisierung mentaler Modellkomponenten darstellen. Zusätzlich wurden deduktive Kategorien zur Charakterisierung des jeweiligen Datentyps ergänzt. Für alle drei Manuale konnten gute bis sehr gute Intercoderreliabilitäten ermittelt werden. Neben der konkreten Beschreibung mentaler Modellkomponenten wurden Instruktionen erarbeitet, die Schüler:innen beim Verstehen chemischer Phänomene unterstützen könnten. Es ergaben sich Hinweise, dass sich die Methode des Concept Mapping positiv auf die Hypothesenbildung und damit vermutlich auch auf den Verstehensprozess auswirkt. Zudem wurde ein Training zur Hypothesenbildung konzipiert. Die entwickelten Fördermaßnahmen können als Grundlage für verschiedene Folgeuntersuchungen dienen.

Zusammenfassung

Im Rahmen einer Kompetenzorientierung der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer sollen Schüler:innen unter anderem dazu in der Lage sein selbständig Hypothesen zu formulieren, die sich auf eine naturwissenschaftliche Fragestellung beziehen. Um diesen kognitiven Schritt vollziehen zu können, muss eine Problemsituation zunächst verstanden werden. Bisherige Untersuchungen deuten allerdings darauf hin, dass Schüler:innen Schwierigkeiten bereits beim Verstehen chemischer Problemsituationen haben und folglich auch Defizite bei der Hypothesenbildung aufweisen. In der vorliegenden Arbeit wurde somit der Frage nachgegangen, welche mentalen Prozesse für das domänenspezifische Verstehen verantwortlich sind, da die Chemiedidaktik hierzu bislang kaum Befunde liefert. Darüber hinaus fehlen geeignete Fördermaßnahmen, die sowohl das Verstehen als auch die Hypothesenbildung unterstützen.

Vor diesem Hintergrund wurde eine qualitative Studie durchgeführt, die in Form eines qualitativen Experiments organisiert wurde. Insgesamt wurden 18 Proband:innen der Jahrgangsstufe 11 dreier Berliner Gymnasien befragt. Zur Initiierung eines mentalen Modells wurden interaktive Demonstrationsvideos entwickelt, die unterschiedliche chemische Phänomene in einer Laborumgebung zeigen. Nachdem die Proband:innen eines der Videos gesichtet hatten, wurden sie aufgefordert eine Concept Map anzufertigen, die in dieser Arbeit als retrospektives und reflektiertes mentales Modell ausgewertet wurde. Danach wurden die Proband:innen dazu aufgefordert mit Hilfe der Concept Map eine Hypothese zu formulieren. Abschließend wurden sie in einem Leitfadeninterview zu ihrem individuellen Vorgehen bezüglich des Verstehens und der Hypothesenbildung befragt. Die Auswertung der Daten erfolgte anhand der Qualitativen Inhaltsanalyse. Hierfür wurden drei verschiedene Manuale erstellt, deren Basis deduktiv erarbeitete Kategorien zur Operationalisierung mentaler Modellkomponenten darstellen. Zusätzlich wurden deduktive Kategorien zur Charakterisierung des jeweiligen Datentyps ergänzt. Für alle drei Manuale konnten gute bis sehr gute Intercoderreliabilitäten ermittelt werden. Neben der konkreten Beschreibung mentaler Modellkomponenten wurden Instruktionen erarbeitet, die Schüler:innen beim Verstehen chemischer Phänomene unterstützen könnten. Es ergaben sich Hinweise, dass sich die Methode des Concept Mapping positiv auf die Hypothesenbildung und damit vermutlich auch auf den Verstehensprozess auswirkt. Zudem wurde ein Training zur Hypothesenbildung konzipiert. Die entwickelten Fördermaßnahmen können als Grundlage für verschiedene Folgeuntersuchungen dienen.

Abstract

Within the framework of competence orientation of subjects of natural sciences, students should, among other things, be able to independently formulate hypotheses that relate to a scientific question. In order to complete this cognitive step, a problem situation must first be understood. However, findings indicate that students have difficulties in understanding chemical problem situations and consequently show deficits in forming hypotheses. In the present study, the question of which mental processes are responsible for domain-specific comprehension was thus investigated, since chemistry didactics has provided hardly any findings in this regard. Furthermore, there is a lack of adequate support measures promoting both comprehension and hypothesis generation.

In this context, a qualitative study was conducted, organized in the form of a qualitative experiment. A total of 18 subjects from Berlin high schools of grade 11 were interviewed. To initiate a mental model, interactive demonstration videos were developed showing different chemical phenomena in a laboratory environment. After viewing one of the videos, subjects were asked to create a concept map, which was evaluated in this paper as a retrospective and reflective mental model. Afterwards, subjects were asked to formulate hypothesis with the help of the concept map. Finally, they were asked in a guided interview about their individual approach to comprehension and hypothesis formation. The data were analyzed using qualitative content analysis. Three different manuals were created for this purpose. These manuals are based on deductively developed categories for the operationalization of mental model components. In addition, deductive categories were added to characterize the respective data type. For all three manuals, good to very good intercoder reliability could be determined. In addition to the concrete description of mental model components, instructions were developed that could support students in understanding chemical phenomena. Furthermore, it was observed that the concept mapping method has a positive effect on hypothesis generation and thus presumably on the comprehension process. In addition, training on hypothesis generation was designed. The support measures developed can serve as the basis for various follow-up studies.

Abstract

Within the framework of competence orientation of subjects of natural sciences, students should, among other things, be able to independently formulate hypotheses that relate to a scientific question. In order to complete this cognitive step, a problem situation must first be understood. However, findings indicate that students have difficulties in understanding chemical problem situations and consequently show deficits in forming hypotheses. In the present study, the question of which mental processes are responsible for domain-specific comprehension was thus investigated, since chemistry didactics has provided hardly any findings in this regard. Furthermore, there is a lack of adequate support measures promoting both comprehension and hypothesis generation.

In this context, a qualitative study was conducted, organized in the form of a qualitative experiment. A total of 18 subjects from Berlin high schools of grade 11 were interviewed. To initiate a mental model, interactive demonstration videos were developed showing different chemical phenomena in a laboratory environment. After viewing one of the videos, subjects were asked to create a concept map, which was evaluated in this paper as a retrospective and reflective mental model. Afterwards, subjects were asked to formulate hypothesis with the help of the concept map. Finally, they were asked in a guided interview about their individual approach to comprehension and hypothesis formation. The data were analyzed using qualitative content analysis. Three different manuals were created for this purpose. These manuals are based on deductively developed categories for the operationalization of mental model components. In addition, deductive categories were added to characterize the respective data type. For all three manuals, good to very good intercoder reliability could be determined. In addition to the concrete description of mental model components, instructions were developed that could support students in understanding chemical phenomena. Furthermore, it was observed that the concept mapping method has a positive effect on hypothesis generation and thus presumably on the comprehension process. In addition, training on hypothesis generation was designed. The support measures developed can serve as the basis for various follow-up studies.

1. Einleitung

Ein Ziel naturwissenschaftlicher Grundbildung ist es, Wissen sowie Fähigkeiten und Fertigkeiten über die Erkenntnisgewinnung als hypothetisch deduktives Verfahren zu erlangen (Vgl. Bybee, 2002). Für die naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer wurden deshalb Kompetenzen definiert, die in naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen eingeteilt werden können (J. Mayer, 2007; Wellnitz & Mayer, 2013). Im Sinne eines hypothetisch deduktiven Vorgehens sollen Lernende unter anderem dazu in der Lage sein selbständig Hypothesen zu formulieren, die sich auf eine naturwissenschaftliche Fragestellung beziehen (KMK, 2005). Die Hypothese ist dann leitend für den weiteren Untersuchungsverlauf. Ihr kann somit eine besondere Funktion im Rahmen der Erkenntnisgewinnung zugesprochen werden (Meier, 2016). Um aber ein chemisches Problem im Sinne des Erkenntnisgewinnungsprozesses zu bearbeiten, muss dieses zunächst verstanden und charakterisiert werden. Ergebnisse früherer Untersuchungen weisen darauf hin, dass es Schüler:innen sehr schwer fällt chemische Problemsituationen zu verstehen (Scherer, Koppelt, & Tiemann, 2014) und folglich können auch Defizite bei der Hypothesenbildung festgestellt werden (Baur, 2018; Hammann, Phan, Ehmer, & Bayrhuber, 2006; Stanat, Schipolowski, Mahler, Weirich, & Henschel, 2018). Es stellt sich somit die Frage, warum es Schüler:innen schwer fällt Hypothesen zu formulieren bzw. warum fällt es Lernenden schwer chemische Probleme zu verstehen?

Zum einen scheint nur ein geringer Teil der Unterrichtszeit auf die naturwissenschaftliche Denkweise „Fragestellung/Hypothese“ zu entfallen. Dies zeigen Ergebnisse von Videostudien (Nehring, Stiller, Nowak, Upmeier zu Belzen, & Tiemann, 2016). Zum anderen ist bekannt, dass das Professionswissen von Lehrkräften einen Einfluss auf die Fähigkeit zur Hypothesenbildung von Schüler:innen haben kann (Gräsel & Trempler, 2017; Kunz, 2011). Weitere Untersuchungen weisen auf den Umgang mit Fehlern beim Experimentieren hin (Baur, 2015a, 2018). Ferner merkten auch in dieser Arbeit Schüler:innen an, dass sie nur selten Hypothesen bilden, denn sie hätten Angst, eine falsche Hypothese aufzustellen. Darüber hinaus können Defizite beim hypothesebezogenen Schlussfolgern bei Grundschüler:innen und Schüler:innen der Sekundarstufe I nachgewiesen werden (Grimm, Todorova, & Möller, 2020). Zudem gibt es Befunde darüber, dass Schüler:innen Schwierigkeiten beim Umgang mit Variablen haben, was wiederum eine adäquate Überprüfung einer Hypothese erschwert (Ropohl & Scheuermann, 2018). Ebenso werden Defizite in der *Higher Education* beim Verständnis über die Funktion von Hypothesen im Experimentierprozess festgestellt (Kambach, 2018; Sonnenschein, 2019). Wenig Evidenz liegt allerdings über kognitive Aspekte des Verstehens und der Hypothesenbildung vor, insbesondere für den Bereich der Chemiedidaktik. Es existieren für die genannte Domäne auch wenig Handlungsempfehlungen, um Schüler:innen beim Verstehen chemischer Phänomene und der Hypothesenbildung konkret unterstützen zu können. Diesbezüglich wurde in dieser Arbeit die übergeordnete Fragestellung

1. Einleitung

Ein Ziel naturwissenschaftlicher Grundbildung ist es, Wissen sowie Fähigkeiten und Fertigkeiten über die Erkenntnisgewinnung als hypothetisch deduktives Verfahren zu erlangen (Vgl. Bybee, 2002). Für die naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer wurden deshalb Kompetenzen definiert, die in naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen eingeteilt werden können (J. Mayer, 2007; Wellnitz & Mayer, 2013). Im Sinne eines hypothetisch deduktiven Vorgehens sollen Lernende unter anderem dazu in der Lage sein selbständig Hypothesen zu formulieren, die sich auf eine naturwissenschaftliche Fragestellung beziehen (KMK, 2005). Die Hypothese ist dann leitend für den weiteren Untersuchungsverlauf. Ihr kann somit eine besondere Funktion im Rahmen der Erkenntnisgewinnung zugesprochen werden (Meier, 2016). Um aber ein chemisches Problem im Sinne des Erkenntnisgewinnungsprozesses zu bearbeiten, muss dieses zunächst verstanden und charakterisiert werden. Ergebnisse früherer Untersuchungen weisen darauf hin, dass es Schüler:innen sehr schwer fällt chemische Problemsituationen zu verstehen (Scherer, Koppelt, & Tiemann, 2014) und folglich können auch Defizite bei der Hypothesenbildung festgestellt werden (Baur, 2018; Hammann, Phan, Ehmer, & Bayrhuber, 2006; Stanat, Schipolowski, Mahler, Weirich, & Henschel, 2018). Es stellt sich somit die Frage, warum es Schüler:innen schwer fällt Hypothesen zu formulieren bzw. warum fällt es Lernenden schwer chemische Probleme zu verstehen?

Zum einen scheint nur ein geringer Teil der Unterrichtszeit auf die naturwissenschaftliche Denkweise „Fragestellung/Hypothese“ zu entfallen. Dies zeigen Ergebnisse von Videostudien (Nehring, Stiller, Nowak, Upmeier zu Belzen, & Tiemann, 2016). Zum anderen ist bekannt, dass das Professionswissen von Lehrkräften einen Einfluss auf die Fähigkeit zur Hypothesenbildung von Schüler:innen haben kann (Gräsel & Trempler, 2017; Kunz, 2011). Weitere Untersuchungen weisen auf den Umgang mit Fehlern beim Experimentieren hin (Baur, 2015a, 2018). Ferner merkten auch in dieser Arbeit Schüler:innen an, dass sie nur selten Hypothesen bilden, denn sie hätten Angst, eine falsche Hypothese aufzustellen. Darüber hinaus können Defizite beim hypothesebezogenen Schlussfolgern bei Grundschüler:innen und Schüler:innen der Sekundarstufe I nachgewiesen werden (Grimm, Todorova, & Möller, 2020). Zudem gibt es Befunde darüber, dass Schüler:innen Schwierigkeiten beim Umgang mit Variablen haben, was wiederum eine adäquate Überprüfung einer Hypothese erschwert (Ropohl & Scheuermann, 2018). Ebenso werden Defizite in der *Higher Education* beim Verständnis über die Funktion von Hypothesen im Experimentierprozess festgestellt (Kambach, 2018; Sonnenschein, 2019). Wenig Evidenz liegt allerdings über kognitive Aspekte des Verstehens und der Hypothesenbildung vor, insbesondere für den Bereich der Chemiedidaktik. Es existieren für die genannte Domäne auch wenig Handlungsempfehlungen, um Schüler:innen beim Verstehen chemischer Phänomene und der Hypothesenbildung konkret unterstützen zu können. Diesbezüglich wurde in dieser Arbeit die übergeordnete Fragestellung

bearbeitet, welche kognitiven bzw. mentalen Prozesse für das Verstehen verantwortlich sind und wie Schüler:innen sowohl beim Verstehen als auch bei der Hypothesenbildung unterstützt werden können.

In der Kognitionspsychologie wird davon ausgegangen, dass Lernende zum Verstehen und zum Schlussfolgern mentale Modelle einer Situation konstruieren, die sich im Hinblick auf eine subjektive Plausibilität unterscheiden (Johnson-Laird, 1983, 2006, 2010; Seel, 1991, 2003, 2017). Mentale Modelle können übergeordnet als eine bestimmte Art von Modellen beschrieben werden, deren Hauptfunktionen das Verstehen und Erklären darstellen (Dutke, 1994; Seel, 2003). Hierbei handelt es sich ausschließlich um eine kognitive Struktur. Eine konkrete Operationalisierung eines mentalen Modells scheint durch die subjektive und kognitive Charakteristik zunächst problematisch. Dieser Schwierigkeit wurde sich über einen modelltheoretischen Rahmen angenähert, der ein mentales Modell anhand von vier Komponenten (*Elements*, *Relations*, *Operations* und *Rules*) beschreibt und aus der Mathematikdidaktik abgeleitet wurde (Lesh, Hoover, Hole, Kelly, & Post, 2000). Vor allem durch die Komponenten *Relations* und *Operations*, die einen prozessorientierten Charakter aufweisen, scheint dieser Modellbegriff geeignet zu sein um mentale Modelle in der Chemie zu konkretisieren (Bodner & Briggs, 2005; Schwarz et al., 2009). Dies ist von besonderer Bedeutung, da sich chemische Reaktionen nur auf Basis von Teilchenumlagerungen deuten lassen und somit immer einen dynamischen Prozess darstellen.

Allerdings können die Modellkomponenten nicht ohne eine sprachliche und inhaltliche Anpassung für die Domäne Chemie übernommen werden. So stellt der Fachbereich der Mathematik die Wissenschaft der formalen Logik dar, die Naturwissenschaften gründen sich hingegen in der Empirie. Zudem vollzieht sich menschliche Kognition nicht wie eine logische, mathematische Operation. Das Gehirn denkt nicht stringent in Strukturen der Deduktion, Induktion oder Abduktion, sondern es nimmt sprichwörtlich „alles was es kriegen kann“ um Plausibilität in Bezug auf ein Phänomen zu erzeugen (Johnson-Laird, 2010).

Im Theorieteil der vorliegenden Arbeit werden somit allgemeine und kognitionspsychologische Befunde zu mentalen Modellen dargestellt, die mentale Modellbildung vor dem Hintergrund der Erkenntnisgewinnung beleuchtet und ein konkretes Modell zur Charakterisierung mentaler Modelle im Fach Chemie vorgestellt, das im Folgenden als **situativer mentaler Modellbildungsansatz** (SIMBA) bezeichnet wird. Es wird untersucht, inwiefern sich das deduktiv abgeleitete SIMBA-Modell zur Beschreibung eines mentalen Modells und zur Charakterisierung von Hypothesen in der Domäne Chemie eignet und ob auf Basis des Modells Handlungsempfehlungen abgeleitet werden können.

bearbeitet, welche kognitiven bzw. mentalen Prozesse für das Verstehen verantwortlich sind und wie Schüler:innen sowohl beim Verstehen als auch bei der Hypothesenbildung unterstützt werden können.

In der Kognitionspsychologie wird davon ausgegangen, dass Lernende zum Verstehen und zum Schlussfolgern mentale Modelle einer Situation konstruieren, die sich im Hinblick auf eine subjektive Plausibilität unterscheiden (Johnson-Laird, 1983, 2006, 2010; Seel, 1991, 2003, 2017). Mentale Modelle können übergeordnet als eine bestimmte Art von Modellen beschrieben werden, deren Hauptfunktionen das Verstehen und Erklären darstellen (Dutke, 1994; Seel, 2003). Hierbei handelt es sich ausschließlich um eine kognitive Struktur. Eine konkrete Operationalisierung eines mentalen Modells scheint durch die subjektive und kognitive Charakteristik zunächst problematisch. Dieser Schwierigkeit wurde sich über einen modelltheoretischen Rahmen angenähert, der ein mentales Modell anhand von vier Komponenten (*Elements*, *Relations*, *Operations* und *Rules*) beschreibt und aus der Mathematikdidaktik abgeleitet wurde (Lesh, Hoover, Hole, Kelly, & Post, 2000). Vor allem durch die Komponenten *Relations* und *Operations*, die einen prozessorientierten Charakter aufweisen, scheint dieser Modellbegriff geeignet zu sein um mentale Modelle in der Chemie zu konkretisieren (Bodner & Briggs, 2005; Schwarz et al., 2009). Dies ist von besonderer Bedeutung, da sich chemische Reaktionen nur auf Basis von Teilchenumlagerungen deuten lassen und somit immer einen dynamischen Prozess darstellen.

Allerdings können die Modellkomponenten nicht ohne eine sprachliche und inhaltliche Anpassung für die Domäne Chemie übernommen werden. So stellt der Fachbereich der Mathematik die Wissenschaft der formalen Logik dar, die Naturwissenschaften gründen sich hingegen in der Empirie. Zudem vollzieht sich menschliche Kognition nicht wie eine logische, mathematische Operation. Das Gehirn denkt nicht stringent in Strukturen der Deduktion, Induktion oder Abduktion, sondern es nimmt sprichwörtlich „alles was es kriegen kann“ um Plausibilität in Bezug auf ein Phänomen zu erzeugen (Johnson-Laird, 2010).

Im Theorieteil der vorliegenden Arbeit werden somit allgemeine und kognitionspsychologische Befunde zu mentalen Modellen dargestellt, die mentale Modellbildung vor dem Hintergrund der Erkenntnisgewinnung beleuchtet und ein konkretes Modell zur Charakterisierung mentaler Modelle im Fach Chemie vorgestellt, das im Folgenden als **situativer mentaler Modellbildungsansatz** (SIMBA) bezeichnet wird. Es wird untersucht, inwiefern sich das deduktiv abgeleitete SIMBA-Modell zur Beschreibung eines mentalen Modells und zur Charakterisierung von Hypothesen in der Domäne Chemie eignet und ob auf Basis des Modells Handlungsempfehlungen abgeleitet werden können.

2. Theoretischer Hintergrund

2.1 Mentale Modelle

In diesem Kapitel wird der Begriff des mentalen Modells aus Sicht der Kognitionspsychologie beleuchtet und mit der fachdidaktischen Sichtweise auf den allgemeinen Modellbegriff in Bezug gesetzt. Darüber hinaus wird herausgearbeitet, welches Verständnis bezüglich mentaler Modelle der vorliegenden Arbeit zugrunde liegt und wie diese gegenüber Schemata, als weitere Theorie der Informationsverarbeitung, abgegrenzt werden kann. Weiterhin wird die Bedeutung mentaler Modelle im Lernprozess dargelegt und ein expliziter Vorschlag für eine Beschreibung für die Domäne Chemie gegeben, der sowohl statische und deskriptive Aspekte der Informationsverarbeitung erfasst als auch dynamische und erklärende Aspekte berücksichtigt. Vor allem der dynamische Charakter macht diese Beschreibung für die Domäne Chemie interessant, da sich diese insbesondere mit der Umlagerung von Teilchen beschäftigt und damit dynamische Prozesse abzubilden sind.

2.1.1 Zur Begrifflichkeit des mentalen Modells

Bezug zur allgemeinen Modelltheorie

Alle wissenschaftlichen Disziplinen nutzen Modelle als Mittel der Erkenntnisgewinnung. Mentale Modelle können als eine bestimmte Art oder Klasse von Modellen aufgefasst werden, unter der Voraussetzung, dass es sich hierbei ausschließlich um ein gedankliches Konstrukt handelt. Im Rahmen des fachdidaktischen Diskurses kann eine Externalisierung eines mentalen Modells als Ergebnisobjekt bzw. Modellobjekt aufgefasst werden (Upmeier zu Belzen & Krüger, 2010). Zur allgemeinen Beschreibung von Modellen haben sich bestimmte Merkmale etabliert, die auch auf mentale Modelle angewendet werden können (Dutke, 1994) und im Folgenden skizziert werden.

Einen übergeordneten Aspekt zur theoretischen Beschreibung von Modellen liefert die allgemeine Modelltheorie nach Stachowiak (1973) (Dutke, 1994; Ifenthaler, 2006). Diese Theorie liegt ebenso dem gängigen Verständnis über Modelle in der Didaktik der Naturwissenschaften zugrunde (Upmeier zu Belzen & Krüger, 2010). Allgemein wird nach Stachowiak (1973) der Modellbegriff durch drei Merkmale (Abbildungsmerkmal, Verkürzungsmerkmal und pragmatisches Merkmal) beschrieben (p. 131 ff.).

Im Sinne des Abbildungsmerkmals heißt es, „dass Modelle [...] stets Modelle von etwas sind, nämlich Abbildungen, Repräsentationen natürlicher oder künstlicher Originale, die selbst wieder Modelle sein können“ (ebd., p. 131). Damit wird beschrieben, dass Modelle stets die Repräsentation eines Originals sind und folglich „ein Modell von etwas“. Prinzipiell kann jeder Gegenstand zur Bildung eines Modells dienen. Auch könnte

2. Theoretischer Hintergrund

2.1 Mentale Modelle

In diesem Kapitel wird der Begriff des mentalen Modells aus Sicht der Kognitionspsychologie beleuchtet und mit der fachdidaktischen Sichtweise auf den allgemeinen Modellbegriff in Bezug gesetzt. Darüber hinaus wird herausgearbeitet, welches Verständnis bezüglich mentaler Modelle der vorliegenden Arbeit zugrunde liegt und wie diese gegenüber Schemata, als weitere Theorie der Informationsverarbeitung, abgegrenzt werden kann. Weiterhin wird die Bedeutung mentaler Modelle im Lernprozess dargelegt und ein expliziter Vorschlag für eine Beschreibung für die Domäne Chemie gegeben, der sowohl statische und deskriptive Aspekte der Informationsverarbeitung erfasst als auch dynamische und erklärende Aspekte berücksichtigt. Vor allem der dynamische Charakter macht diese Beschreibung für die Domäne Chemie interessant, da sich diese insbesondere mit der Umlagerung von Teilchen beschäftigt und damit dynamische Prozesse abzubilden sind.

2.1.1 Zur Begrifflichkeit des mentalen Modells

Bezug zur allgemeinen Modelltheorie

Alle wissenschaftlichen Disziplinen nutzen Modelle als Mittel der Erkenntnisgewinnung. Mentale Modelle können als eine bestimmte Art oder Klasse von Modellen aufgefasst werden, unter der Voraussetzung, dass es sich hierbei ausschließlich um ein gedankliches Konstrukt handelt. Im Rahmen des fachdidaktischen Diskurses kann eine Externalisierung eines mentalen Modells als Ergebnisobjekt bzw. Modellobjekt aufgefasst werden (Upmeier zu Belzen & Krüger, 2010). Zur allgemeinen Beschreibung von Modellen haben sich bestimmte Merkmale etabliert, die auch auf mentale Modelle angewendet werden können (Dutke, 1994) und im Folgenden skizziert werden.

Einen übergeordneten Aspekt zur theoretischen Beschreibung von Modellen liefert die allgemeine Modelltheorie nach Stachowiak (1973) (Dutke, 1994; Ifenthaler, 2006). Diese Theorie liegt ebenso dem gängigen Verständnis über Modelle in der Didaktik der Naturwissenschaften zugrunde (Upmeier zu Belzen & Krüger, 2010). Allgemein wird nach Stachowiak (1973) der Modellbegriff durch drei Merkmale (Abbildungsmerkmal, Verkürzungsmerkmal und pragmatisches Merkmal) beschrieben (p. 131 ff.).

Im Sinne des Abbildungsmerkmals heißt es, „dass Modelle [...] stets Modelle von etwas sind, nämlich Abbildungen, Repräsentationen natürlicher oder künstlicher Originale, die selbst wieder Modelle sein können“ (ebd., p. 131). Damit wird beschrieben, dass Modelle stets die Repräsentation eines Originals sind und folglich „ein Modell von etwas“. Prinzipiell kann jeder Gegenstand zur Bildung eines Modells dienen. Auch könnte