

Katja Völzke

**Lautes Denken bei kompetenz-
orientierten Diagnoseaufgaben zur
naturwissenschaftlichen Erkenntnis-
gewinnung**

Ausgezeichnet mit dem
Martin-Wagenschein-Preis 2012 des ZLB

Kassel 2012

Zentrum für Lehrerbildung der Universität Kassel (Hrsg.)
Reihe Studium und Forschung, Heft 20

Zu dieser Publikation gehört ein **Anhang** mit weiteren Materialien zur Durchführung und Auswertung der Studie (u.a. Experimentieraufgaben, Leitfadeninterviews und Kodierleitfäden sowie die qualitativen Inhaltsanalysen der schriftlichen Schülerlösungen und Transkripte), der online veröffentlicht wurde bei KOBRA (Kasseler OnlineBibliothek, Repository und Archiv), dem digitalen Archiv für die wissenschaftlichen Dokumente der Universität Kassel:
<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hebis:34-2012061541272>

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-89958-585-8

© 2012, kassel university press GmbH, Kassel
www.upress.uni-kassel.de

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsschutzgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Druck und Verarbeitung: Unidruckerei der Universität Kassel
Printed in Germany

INHALTSÜBERSICHT

Abbildungen, Tabellen, Abkürzungen	5
Vorwort	7
1 Einleitung	9
2 Theoretischer Hintergrund	10
2.1 Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“	10
2.1.1 Wissenschaftliches Denken.....	11
2.1.2 Wissenschaftsverständnis	12
2.2 Naturwissenschaftlicher Erkenntnisprozess und dessen Erkenntnismethoden.....	15
2.3 Experimentieren als naturwissenschaftliche Erkenntnismethode.....	17
2.3.1 Hypothesenbildung	19
2.3.2 Defizite bei der Hypothesenbildung	21
2.3.3 Experimentplanung.....	22
2.3.4 Defizite bei der Experimentplanung.....	25
2.3.5 Datenanalyse.....	26
2.3.6 Defizite bei der Datenanalyse.....	29
2.4 Experimentelles Wissenschaftsverständnis und Defizite des Wissenschaftsverständnisses.....	30
3 Forschungsfragen	31
4 Methodologie	32
4.1 Qualitative Forschung.....	32
4.2 Lautes Denken.....	34
4.2.1 Grundlagen des lauten Denkens	34
4.2.2 Anwendung des lauten Denkens	35
4.3 Stichprobe.....	37
4.4 Probleme der Erhebung von Kompetenzen im Bereich des Experimentierens.....	38
4.5 Erhebungsinstrument.....	39
4.5.1 Diagnoseaufgaben.....	39
4.5.2 Leitfadeninterview	42
4.6 Auswertungsmethode	44
4.6.1 Grundlagen der qualitativen Inhaltsanalyse.....	44
4.6.2 Anwendung der qualitativen Inhaltsanalyse im Bereich des wissenschaftlichen Denkens beim Experimentieren.....	45
4.6.3 Anwendung der qualitativen Inhaltsanalyse im Bereich des experimentellen Wissenschaftsverständnisses.....	45
5 Ergebnisse der Studie	46
5.1 Fallanalyse Svenja und Katharina	46
5.1.1 Charakteristika des wissenschaftlichen Denkens beim Experimentieren.....	46
5.1.2 Experimentelles Wissenschaftsverständnis von Svenja	57

5.2	Fallanalyse Lisa und Stephanie.....	69
5.2.1	Charakteristika des wissenschaftlichen Denkens beim Experimentieren.....	69
5.2.2	Experimentelles Wissenschaftsverständnis von Lisa	80
5.3	Vergleich der Fallanalysen	90
6	Diskussion und Ausblick.....	95
7	Zusammenfassung.....	99
	Literaturverzeichnis	101

Anhang

Zu dieser Publikation gehört ein Anhang mit weiteren Materialien zur Durchführung und Auswertung der Studie (u.a. Experimentieraufgaben, Leitfadeninterviews und Kodierleitfäden sowie die qualitativen Inhaltsanalysen der schriftlichen Schülerlösungen und Transkripte), der wurde online veröffentlicht bei KOBRA (Kasseler OnlineBibliothek, Repository und Archiv), dem digitalen Archiv für die wissenschaftlichen Dokumente der Universität Kassel:

<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hebis:34-2012061541272>

Abbildungen, Tabellen, Abkürzungen

Abbildungen

Abbildung 1: Beziehung zwischen den Teilbereichen zweier Kompetenzmodelle zum Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“. Quelle: verändert nach Kauertz et al. (2010) und Mayer (2007).....	11
Abbildung 2: Dimensionen des Wissenschaftsverständnisses. Quelle: verändert nach Werner & Kremer (2010).	13
Abbildung 3: Naturwissenschaftlicher Erkenntnisprozess nach dem hypothetisch-deduktiven Verfahren. Quelle: Eigene Darstellung.	16

Tabellen

Tabelle 1: Forschungsansatz der wissenschaftlichen Hausarbeit.....	33
Tabelle 2: Übersicht über mögliche Kompetenzaspekte bei der Diagnoseaufgabe „Kannenspflanzen“	40
Tabelle 3: Übersicht über mögliche Kompetenzaspekte bei der Diagnoseaufgabe „Attrappenversuche mit Guppys“	41
Tabelle 4: Übersicht über mögliche Kompetenzaspekte bei der Diagnoseaufgabe „Die Wirkung von Nikotin“	42
Tabelle 5: Übersicht über Beispielfragen aus dem Leitfadeninterview zu den Kerndimensionen des Wissenschaftsverständnisses	43
Tabelle 6: Verwendete Charakteristika der Hypothesenbildung des Schülerpaares Svenja und Katharina in den chronologischen Daten der schriftlichen Lösung und des lauten Denkens.	47
Tabelle 7: Verwendete Charakteristika der Experimentplanung des Schülerpaares Svenja und Katharina in den chronologischen Daten der schriftlichen Lösung und des lauten Denkens.	50
Tabelle 8: Verwendete Charakteristika der Datenanalyse des Schülerpaares Svenja und Katharina in den chronologischen Daten der schriftlichen Lösung und des lauten Denkens.	54
Tabelle 9: Vorstellungen von Svenja zu den Kerndimensionen des Wissenschaftsverständnisses für die Charakteristika des wissenschaftlichen Denkens im Bereich der Hypothesenbildung.....	57
Tabelle 10: Vorstellungen von Svenja zu den Kerndimensionen des Wissenschaftsverständnisses für die Charakteristika des wissenschaftlichen Denkens im Bereich der Experimentplanung	61
Tabelle 11: Vorstellungen von Svenja zu den Kerndimensionen des Wissenschaftsverständnisses für die Charakteristika des wissenschaftlichen Denkens im Bereich der Datenanalyse ..	65
Tabelle 12: Verwendete Charakteristika der Hypothesenbildung des Schülerpaares Lisa und Stephanie in den chronologischen Daten der schriftlichen Lösung und des lauten Denkens.	69
Tabelle 13: Verwendete Charakteristika der Experimentplanung des Schülerpaares Lisa und Stephanie in den chronologischen Daten der schriftlichen Lösung und des lauten Denkens.	73
Tabelle 14: Verwendete Charakteristika der Datenanalyse des Schülerpaares Lisa und Stephanie in den chronologischen Daten der schriftlichen Lösung und des lauten Denkens.	76
Tabelle 15: Vorstellungen von Lisa zu den Kerndimensionen des Wissenschaftsverständnisses für die Charakteristika des wissenschaftlichen Denkens im Bereich der Hypothesenbildung.....	80

Tabelle 16: Vorstellungen von Lisa zu den Kerndimensionen des Wissenschaftsverständnisses für die Charakteristika des wissenschaftlichen Denkens im Bereich der Experimentplanung	83
Tabelle 17: Vorstellungen von Lisa zu den Kerndimensionen des Wissenschaftsverständnisses für die Charakteristika des wissenschaftlichen Denkens im Bereich der Datenanalyse ..	87
Tabelle 18: Gemeinsamkeiten und Unterschiede im wissenschaftlichen Denken und im Wissenschaftsverständnis im Bereich des Experimentierens bei den untersuchten Schülerinnen	91
Tabelle 19: Konsistenz und Inkonsistenz des Zusammenhangs zwischen dem wissenschaftlichen Denken und dem Wissenschaftsverständnis.....	96
Tabelle 20: Inkonsistenzen zwischen den Fallanalysen im Bereich des wissenschaftlichen Denkens und des Wissenschaftsverständnisses.....	97

Abkürzungen

A	Anhang (nur online veröffentlicht bei: KOBRA (Kasseler OnlineBibliothek, Repository und Archiv), dem digitalen Archiv für die wissenschaftlichen Dokumente der Universität Kassel: http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hebis:34-2012061541272)
Abb.	Abbildung
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
d.h.	das heißt
Schüler	Schüler und Schülerinnen Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in dieser Arbeit für Personenbezeichnungen das generische Maskulinum verwendet. Es wird jedoch betont, dass beide Geschlechter gemeint sind.
Tab.	Tabelle
u.a.	unter anderem
vgl.	vergleiche
z.B.	zum Beispiel
Dimension des Wissenschaftsverständnisses:	
<i>Vorstellungen über naturwissenschaftliches Wissen</i>	
[S]	Sicherheit
[K]	Komplexität
[H]	Herkunft
[R]	Rechtfertigung
[Su]	Subjektivität
<i>Vorstellungen über naturwissenschaftliche Methoden</i>	
[E]	Empirischer Charakter der Naturwissenschaft
[Z]	Zweck der Naturwissenschaft
[SZ]	Struktur und Ziele von Experimenten
[U]	Unterscheidung von Theorie und Gesetz
[Kr]	Kreativität in der Naturwissenschaft
<i>Vorstellungen über Institutionen und soziale Handhabung</i>	
[SK]	Soziale und kulturelle Eingebundenheit der Naturwissenschaft

Vorwort

Kann es das Ziel von Biologieunterricht sein, die Mendelschen Regeln oder die Bruttogleichung der Photosynthese auswendig aufsagen zu können? Diese Gedächtnisleistungen sind für sich allein zweifelsohne als wertlos anzusehen, wenn es im Biologieunterricht nicht auch gelingt das von Martin Wagenschein bereits im Jahr 1968 eingeforderte Verstehen zu lehren. Hin zu einer Verstehenskultur im naturwissenschaftlichen Unterricht liegt eine Chance darin begründet, Erkenntnisprozesse der jungen Lernenden ernst zu nehmen und diesen Gedanken neben der Vermittlung von „fertigem“ Wissen Raum im Unterricht zu geben. Der Konstruktivismus hat Didaktiker zu der Erkenntnis geführt, dass Schülerinnen und Schüler individuelle Denkwege beschreiten. Somit kann das Verstehen nur im Individuum entstehen, wenn es sich aktiv die naturwissenschaftliche Denkstruktur zu Eigen macht, kritisch mit bereits bestehendem Wissen umgeht und neue Ideen argumentativ prüft und reflektiert annimmt oder ablehnt. Schüler auf diesem Lernweg zu begleiten, ist eine schwierige aber ebenso wichtige pädagogische Aufgabe.

Seit dem Jahr 2005 formulieren nationale Bildungsstandards, worauf es künftig beim schulischen Lernen von Biologie ankommt. Prozessorientierte stehen neben inhaltsorientierten Kompetenzen und formen so ein Ganzes, mit dem Ziel des Verstehens von Biologie als Produkt nach der Sekundarstufe I. Der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung fordert explizit, den experimentellen Weg der Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften in den Fokus zu nehmen, Hypothesen zu bilden, Versuche zu planen und auszuwerten und über die Tragweite und die Grenzen der Erkenntnisse zu reflektieren. Damit stehen die neuen deutschen Bildungsstandards im internationalen Vergleich in breiter Gesellschaft. Unumstrittene Bildungsziele wie *Scientific Literacy*, *Understanding Scientific Inquiry* und *Nature of Science* oder auch die bedeutende Rolle der *Argumentation* für die Rechtfertigung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse prägen curriculare Zielvorgaben vieler europäischer und asiatischer Länder sowie der USA.

In Deutschland haben sich in der Folge der Einführung nationaler Bildungsstandards zahlreiche Forschungsprojekte mit der Kompetenzmodellierung der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung auseinandergesetzt. Im Rahmen des Projekts *Biologie im Kontext* (bik) wurden unter der Projektleitung von Prof. Mayer, heute Biologiedidaktiker an der Universität Kassel, Kompetenzniveaus entwickelt und Kompetenzverläufe über die Jahrgangsstufen quantitativ verfolgt. Diese Ergebnisse flossen dann ein in die Vorbereitung einer nationalen Evaluation der Bildungsstandards. Im Rahmen des Projekts *ESNaS* (Evaluation der Standards für die Naturwissenschaften in der Sekundarstufe I) im Auftrag des Instituts für Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB) an der Humboldt-Universität zu Berlin arbeiten die Kasseler Biologiedidaktiker an der Entwicklung von Aufgabenpools, die dem IQB zur Verfügung stehen, um Schülerkompetenzen am Ende der Sekundarstufe I zu überprüfen. Damit soll aufgezeigt werden, ob die Zielvorgaben der Bildungsstandards erreicht werden konnten. Auf diese Weise wird es in den kommenden Jahren möglich sein, genauere Aussagen über die Ergebnisse von Bildungsprozessen treffen zu können. Dieser wichtige Blick auf den Output von Schulunterricht bedeutet jedoch in gleicher Weise eine neue Bedeutung für Input und Lernprozesse im Unterricht, durch deren sinnvolle Gestaltung und fachkundige Begleitung durch die Lehrkräfte Output erst ermöglicht wird.

Auf dieser Ebene setzt die vorliegende Arbeit an. Die Arbeit erforscht, wie sich individuelle Schülerinnen und Schüler angeregt durch einen interessanten und problemorientierten Fachkontext Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung aneignen. Lehrkräfte brauchen Kenntnisse über diese Verstehensverläufe, um kompetenzfördernden Unterricht abgestimmt auf die Bedürfnisse ihrer Schülerinnen und Schüler sinnvoll anleiten zu können. Im Sinne einer neuen Aufgabenkultur geht die Arbeit von Diagnoseaufgaben aus, die anknüpfen an die Anforderungen zur Erkenntnisgewinnung der nationalen Bildungsstandards und die Testaufgabenformate des IQB. Der Schwerpunkt der qualitativen Untersuchung ist die Identifikation von Teilkompetenzen des wissenschaftlichen Denkens „Hypothesenbildung“, „Experimentplanung“ und „Datenanalyse“ beim experimentellen Erkenntnisprozess von Schülerinnen und Schülern am Ende der Sekundarstufe I in schriftlichen Diagnoseaufgaben wie im Rahmen der Methode des lauten Denkens und des anschließenden leitfadengestützten Einzelinterviews. Zusätzlich werden Verknüpfungen zwischen den Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung im Prozess und dem Naturwissenschaftsverständnis der Probanden im Interview verglichen. Zu den gewählten Schwerpunkten im Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung existieren aktuell im deutschsprachigen Raum keine vergleichbaren qualitativen Forschungsstudien. Somit setzt die vorliegende Arbeit in diesem Bereich aktuelle Impulse für die naturwissenschaftliche Lehr-/Lernforschung in direktem Bezug zur praktische Umsetzung der nationalen Bildungsstandards.

Die vorliegende Arbeit wurde mit dem *Martin-Wagenschein-Preis* des ZLB der Universität Kassel ausgezeichnet. Die Arbeit bindet kompetenzorientierte Unterrichtsforschung klar an die Ideale Martin Wagenscheins an. Der Fokus auf der Erkenntnisgewinnung bei den an biologischen Alltagsbeispielen orientierten Diagnoseaufgaben fußt auf der exemplarischen und phänomenorientierten Didaktik Wagenscheins. Die Forschungsmethode des lauten Denkens sowie die leitfadengestützten Interviews gehen von den Bedürfnissen und Interessen des Individuums aus und suchen diese genetisch-sokratisch nutzbar zu machen für das Verständnis von Lernprozessen.

Die vollständige Publikation der Arbeit ist für breitere Kreise der Naturwissenschaftsdidaktik wünschenswert. Hierzu zählen sowohl Studierende und Lehrende, die in der Unterrichtspraxis die Denkprozesse von Schülern beim Experimentieren zu verstehen suchen sowie wissenschaftlich arbeitende Biologiedidaktiker der kompetenzorientierten Lernprozessforschung.

Kassel, im Juni 2012

Dr. Kerstin Kremer

1 Einleitung

Die Bildungsstandards der Biologie sind seit 2005 für die Schulen verbindlich und stellen einen Paradigmenwechsel im Bildungswesen dar (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK], 2005). Die Einführung nationaler Bildungsstandards führte von einer fachlichen Überfrachtung im naturwissenschaftlichen Unterricht zu einem kumulativen Entwicklungsprozess von fachspezifischen Kompetenzen (Kremer, Urhahne, & Mayer, 2007a) und weg von der Input- hin zur Output-Steuerung. Die Bildungsstandards greifen allgemeine Bildungsziele auf und benennen fachbezogene Kompetenzen über die Schülerinnen und Schüler am Ende ihrer Schullaufbahn verfügen sollten (Wellnitz & Mayer, 2008), um eine Reihe von Anforderungen in bestimmten Alltags-, Schul- und Arbeitsumgebungen bewältigen zu können. Kompetenzen umfasst dabei

„die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“ (Weinert, 2001, S. 27).

Die geforderten Kompetenzen stellen für die Biologie fachbezogene Leistungsdispositionen dar, die in variierenden Kontexten mit inhaltlichen Basiskonzepten am Ende der 10. Klasse erfolgreich angewendet werden können (Kremer, Urhahne, & Mayer, 2008) und sollen der Qualitätsentwicklung des Unterrichts sowie der individuellen Förderung dienen (Kauertz, Fischer, Mayer, Sumfleth & Walpuski, 2010). Die Bildungsstandards im Bereich der Biologie umfassen vier naturwissenschaftliche Kompetenzen: Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Bewerten und Kommunikation. Bei den Kompetenzbereichen handelt es sich nicht um inhaltlich getrennte Bereiche, die wie ein Puzzle zusammengesetzt die Naturwissenschaften ergeben. Die Kompetenzen stellen unterschiedliche Blickwinkel auf die jeweiligen Fachinhalte dar (Kauertz et al., 2010).

Durch die Ergebnisse bei TIMSS und PISA haben die naturwissenschaftsmethodischen Kompetenzen und somit auch die Erkenntnisgewinnung an Bedeutung gewonnen (Mayer, Grube, & Möller, 2008). Die Kompetenzen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung sind ein wesentliches Element naturwissenschaftlicher Grundbildung (American Association for the Advancement of Science [AAAS], 1989). Dementsprechend werden sie in den nationalen Bildungsstandards mit dem Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ umfangreich berücksichtigt (KMK, 2005). In den Leitlinien des Kompetenzbereichs „Erkenntnisgewinnung“ gilt das wissenschaftliche Denken und Arbeiten sowie das Naturwissenschaftsverständnis. Die drei Kompetenzaspekte der Erkenntnisgewinnung sollen in den Mittelpunkt des Unterrichts gestellt werden. In Deutschland spielen die Kompetenzaspekte in der Schule noch eine eher untergeordnete Rolle (Mayer, 2004). Einzelne Bereiche, wie der Modellbegriff oder die Methoden der Naturwissenschaften, werden hauptsächlich in der Oberstufe und seltener in der Mittelstufe aufgegriffen (Vorst, 2007).

Im Rahmen der wissenschaftlichen Hausarbeit soll der Kenntnisstand von Schülern zum wissenschaftlichen Denken und Wissenschaftsverständnis im Bereich des Experimentierens mit Hilfe von kompetenzorientierten Diagnoseaufgaben und der Methode des lauten Denkens untersucht werden. Ziel ist dabei, das wissenschaftliche Denken und das Wissenschaftsverständnis der Schülerinnen und Schüler in Beziehung zueinander zu betrachten.

Die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen wissenschaftlichem Denken und Wissenschaftsverständnis im Bereich des Experimentierens stellt dabei ein offenes Forschungsfeld dar.

In der wissenschaftlichen Hausarbeit wird zunächst der Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ und der naturwissenschaftliche Erkenntnisprozess und dessen Erkenntnismethoden dargelegt. Anschließend wird die Erkenntnismethode „Experiment“ mit den einzelnen Teilkompetenzen sowie das experimentelle Wissenschaftsverständnis erläutert und mögliche Defizite in den Bereichen genannt (Kapitel 2). Auf Grundlage der Theorie werden die Forschungsfragen abgeleitet (Kapitel 3) und die Methodologie, wie die Forschungsfragen untersucht werden sollen, vorgestellt (Kapitel 4). Die Ergebnisse der Studie werden dargestellt (Kapitel 5) und eine Diskussion sowie ein Ausblick auf Grundlage der Ergebnisse wird geführt (Kapitel 6). Abschließend werden die wichtigsten Aspekte der Studie dargestellt und die Ergebnisse genutzt, um in der Zusammenfassung explorativ Hypothesen zu formulieren (Kapitel 7).

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“

Der Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ ist ein wichtiger Bestandteil der biologischen Grundbildung (*scientific literacy*), der sich aus den wissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen und dem wissenschaftspropädeutischen Verständnis zusammensetzt (Mayer, 2007; Rost, Prenzel, Carstensen & Senkbeil, 2004). International wird die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung als *scientific inquiry*, *nature of science* (Mayer, 2007) oder *scientific discovery* (Hammann, 2007) bezeichnet. In der Schule soll im Biologieunterricht im Bereich der „Erkenntnisgewinnung“ gelernt werden, wie „naturwissenschaftliche Erkenntnisse gewonnen werden und was naturwissenschaftliche Methodik und Aussagen charakterisiert“ (Mayer, 2007, S. 177). Das Verständnis und die Fähigkeit zur Durchführung des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses sind grundlegende nationale und internationale Lernziele (Mayer, 2007; AAAS, 1989; National Research Council [NRC], 1996). Es genügt im Unterricht nicht mehr nur Dinge, die Wissenschaftler entdeckt haben, zu lehren, sondern Schüler und Schülerinnen (Schüler) sollen auch wissenschaftlich denken und das Wesen der Wissenschaft verstehen, denn nur so werden Schüler befähigt, selbstständig Probleme zu lösen (Roberts, 2001).

Der Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ wird unterschiedlich unterteilt. In der nationalen Studie zur „Evaluation der Standards in den Naturwissenschaften für die Sekundarstufe I“ wird der Kompetenzbereich in naturwissenschaftliche Untersuchungen, naturwissenschaftliche Modellbildung und wissenschaftstheoretische Reflexion eingeteilt (Kauertz et al., 2010). Der Teilbereich naturwissenschaftliche Untersuchungen beinhaltet die Durchführung des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses mit Formulierung von naturwissenschaftlichen Fragestellungen und Hypothesen sowie der Planung, Durchführung, Auswertung und Deutung von Untersuchungen (NRC, 1996; Grube, Möller & Mayer, 2007). Die naturwissenschaftliche Modellbildung umfasst die Anwendung von Modellen und die Kenntnis über Modellgrenzen und Modellfunktionen. Die wissenschaftstheoretische Reflexion enthält das Verständnis des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses und der naturwissenschaftlichen

Erkenntnismethoden (Kauertz et al., 2010). Eine alternative Untergliederung des Kompetenzbereichs „Erkenntnisgewinnung“ stammt von Mayer (2007). Bei den Teilbereichen nach Mayer (2007) gibt es ebenfalls drei zentrale Dimensionen: praktische Arbeitstechniken (*practical work*), wissenschaftliche Erkenntnismethoden (*scientific inquiry*) und Charakteristik der Naturwissenschaften (*nature of science*). Diese Dimensionen werden zu einem dreigliedrigen kognitionspsychologischen Konstrukt modelliert und in Beziehung zueinander gesetzt. Zu dem kognitionspsychologischen Konstrukt gehören: manuelle Fertigkeiten (*practical skills*), wissenschaftliches Denken (*scientific reasoning*) und Wissenschaftsverständnis (*epistemological beliefs*). Unter manuellen Fertigkeiten werden grundlegende Arbeitstechniken der Biologie, wie das Mikroskopieren und das Präparieren sowie die chemische Analyse oder die physikalische Messung, verstanden. Die planmäßige Anwendung der manuellen Fertigkeiten während einer wissenschaftlichen Untersuchung im Sinne eines planvollen Erkenntnisprozesses zur Generierung neuen Fachwissens ausgehend von einem theoretischen Vorwissen umfasst das wissenschaftliche Denken. Das Wissenschaftsverständnis beinhaltet die Reflexion der Charakteristika und Grenzen des entstandenen Wissens (Kremer et al., 2008). Die drei Dimensionen sind miteinander verschachtelt:

„So schließt ein angemessenes Verständnis der Charakteristik der Naturwissenschaft ein Verständnis des wissenschaftlichen Erkenntnisweges ein. Um diesen zu verfolgen, müssen Erkenntnismethoden eingesetzt werden innerhalb derer wiederum biologische Arbeitstechniken zum Einsatz kommen.“ (Mayer & Ziemek, 2006, S. 6).

Das Kompetenzmodell für die Evaluation der Bildungsstandards lässt sich zu den Dimensionen des Modells von Mayer in Beziehung setzen. Die Wechselbeziehungen zwischen den Modellen und den kognitionspsychologischen Dimensionen sind in Abbildung 1 dargestellt.

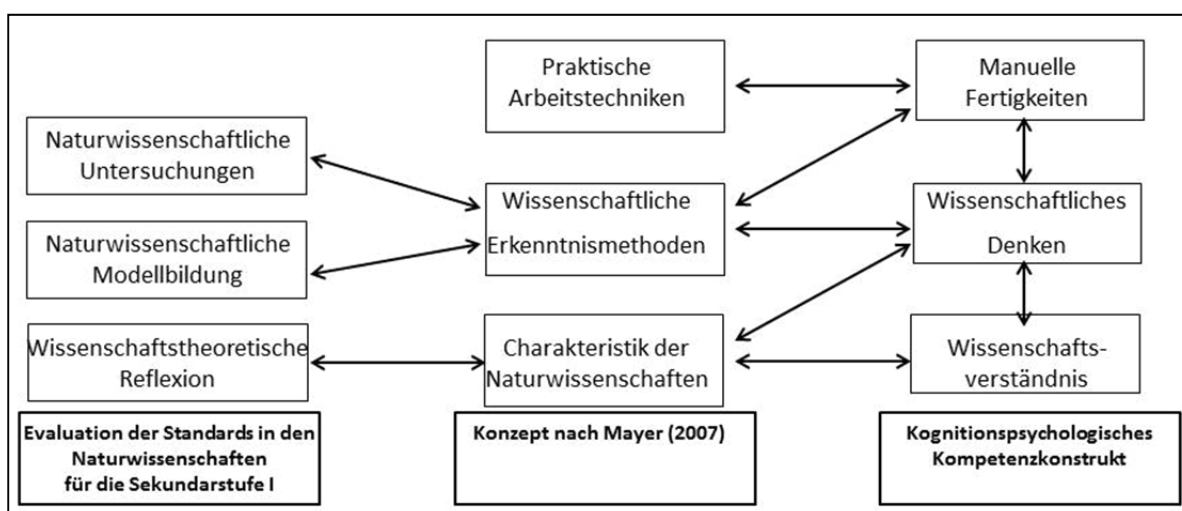


Abbildung 1: Beziehung zwischen den Teilbereichen zweier Kompetenzmodelle zum Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“. Quelle: verändert nach Kauertz et al. (2010) und Mayer (2007).

2.1.1 Wissenschaftliches Denken

Das wissenschaftliche Denken kann als Problemlöseprozess verstanden werden. Der komplexe, kognitive, wissensbasierte Prozess des Problemlösens ist eine zielorientierte Suche im Problemraum, bei der versucht wird, die Diskrepanz zwischen Ausgangszustand und

Zielzustand mittels spezifischer Prozeduren ohne das Vorliegen routinierter Vorgehensweisen zu überwinden (Funke, 2003; Hammann, 2007; Krüger, 2009). Der Problemraum beinhaltet verschiedene Problemzustände, die bei der Anwendung logischer Prozeduren mit Hilfe des inhaltlichen und methodischen Wissens gelöst werden (Hammann, 2007; Mayer, 2007). Logische Prozeduren sind beispielsweise kausales Denken, Deduktion und Induktion, konvergentes und divergentes Denken (Mayer, Harms, Hammann, Bayrhuber & Kattmann, 2004) oder Urteilen unter Unsicherheit (Mayer, 2007). Weitere Problemlöseprozeduren sind das Vorgehen nach Versuch und Irrtum, das Umstrukturieren, das Anwenden von Strategien oder das Nutzen von kreativen Ideen (Lerchner & Schmidt, 1999). Beim Lösen von Problemen stellt jeder Problembereich spezifische Anforderungen an den Problemlöser bezüglich (bzgl.) des Einsatzes dieser Prozeduren. Eine mögliche systematische Abfolge von Prozeduren zur Problemlösung ist die interne Repräsentation des Problems, das Generieren eines Lösungsplans, die Anwendung der Methode und abschließend die Evaluation der Ergebnisse (Mayer, 2007). Als zentrale Prozeduren des naturwissenschaftlichen, empirischen Denkens können die Formulierung von naturwissenschaftlichen Fragestellungen, die Generierung von Hypothesen, die Planung und Durchführung von Untersuchungen sowie die Datenanalyse ausgemacht werden (Mayer et al., 2008). Daraus ergibt sich eine Suche in zwei Räumen: dem Hypothesen- und dem Experiment-Suchraum (Hammann, 2007). Im Hypothesen-Suchraum werden überprüfbare Hypothesen durch Vorwissen von domänenspezifischen Konzepten und Theorien oder vorliegenden Daten aus Untersuchungen für ein zu klärendes Phänomen formuliert. Ziel ist die Kontrolle der Plausibilität der Hypothese (Hammann, 2004). Der Experiment-Suchraum dient der Planung eines Experiments unter Leitung einer vorhandenen Hypothese und dem Sammeln von experimentellen Ergebnissen (Niebert & Gropengießer, 2006). Abschließend erfolgt die Analyse der Evidenzen unter Bezug theoretischer Annahmen (Hammann, 2004).

Die Güte der Problemlösung wird von der Qualität der Ausführung der einzelnen Schritte des Problemlöseprozesses sowie von Personenvariablen und Situationsvariablen bestimmt (Funke, 2003). Zu den Personenvariablen zählen deklaratives und prozedurales Wissen, Metakognition und kognitive Fähigkeiten (Mayer, 2007). Das naturwissenschaftliche Inhaltswissen über Konzepte, Regeln und Theorien ist unter anderem (u.a.) für die Hypothesengenerierung und das Methodenwissen u.a. für die Planung der Untersuchung wichtig (Mayer et al., 2008). Das wissenschaftliche Denken ist von manuellen Fertigkeiten und dem Wissenschaftsverständnis der einzelnen Person abhängig (vgl. Abb. 1). Merkmale der Problemlösesituationen, wie Art der Aufgabenstellung, Informationsdarbietung oder Problemlösung in Einzel- beziehungsweise (bzw.) Gruppenarbeit, bestimmen ebenfalls die Güte der Problemlösung (Funke, 2003).

2.1.2 Wissenschaftsverständnis

Wissenschaftsverständnis (*nature of science/ understanding the nature of science*) beinhaltet die Einsicht in erkenntnistheoretische, wissenschaftstheoretische und wissenschaftsethische Grundlagen, Ziele, Verfahren und Ergebnisse der Naturwissenschaften und die kritische Reflexion des erkenntnistheoretischen Charakters von naturwissenschaftlichem Wissen auf übergeordneter Ebene (Sodian, Thoermer, Kircher, Grygier & Günther, 2002; Kremer et al., 2008; Mayer et al., 2004). Die Gesellschaft wendet die vielen und schnell entstehenden biologischen Erkenntnisse an, womit die Reflexion, das Hinterfragen und die kritische Kontrolle

ethischer und gesellschaftlicher Aspekte notwendig wird (Mayer et al., 2004). Das Verstehen von Gesetzmäßigkeiten und Methoden der Wissenschaften sowie eine kritische und objektive Weltansicht stehen im Fokus des Wissenschaftsverständnisses (Miller & Wynne, 1988; Mayer & Ziemek, 2006). Weitere Aspekte des Verständnisses sind Grundzüge und Grenzen der Naturwissenschaft, Beurteilen der Aussagekraft von Modellen sowie Zusammenhänge von Naturwissenschaft und Gesellschaft erkennen (Mayer, 2007). In der Schule gilt das Wissenschaftsverständnis als akzeptiertes Bildungsziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts, da es zu einem adäquaten Bild der Naturwissenschaften und der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung beiträgt (KMK, 2005; Werner & Kremer, 2010; Kremer et al., 2008; Mayer et al., 2004).

Das Wissenschaftsverständnis lässt sich in drei Dimensionen nach Urhahne et al. (2008) unter Bezug auf das Ordnungsschema von Osborne, Collins, Ratcliffe & Duschel (2003) gliedern. Es wird zwischen Vorstellungen über das naturwissenschaftliche Wissen, naturwissenschaftliche Methoden und Institutionen und soziale Handhabungen differenziert (Kremer et al., 2008). Die Dimensionen mit verschiedenen Kerndimensionen (vgl. Abb. 2) werden als relevant für eine schulische Förderung des Wissenschaftsverständnisses verstanden (Osborne et al., 2003; KMK, 2005).



Abbildung 2: Dimensionen des Wissenschaftsverständnisses. Quelle: verändert nach Werner & Kremer (2010).

Zu den Vorstellungen über das naturwissenschaftliche Wissen zählen die Bereiche „Sicherheit bzw. Entwicklung“, „Komplexität bzw. Einfachheit“, „Herkunft“, „Rechtfertigung“ und „Subjektivität“ (Kremer et al., 2008; Werner & Kremer, 2010). „Sicherheit des Wissens“ umfasst die Vorstellung, dass Wissen feststehend oder veränderlich und somit der Entwicklung unterworfen ist. Der Bereich „Komplexität des Wissens“ beinhaltet, dass Wissen eine Ansammlung von Fakten ist oder aus in Wechselbeziehung stehenden Konzepten besteht. Die Dimension beinhaltet, wie komplex bzw. einfach Wissen und dessen Erklärungen sind. „Herkunft des Wissens“ umfasst die Vorstellung, dass Wissen von außen durch Autoritäten an Lernende herangetragen wird oder Menschen aller Kulturen, jeden Alters und jeder Vorbildung Wissen in Interaktion mit anderen Personen Wissen konstruieren können. Dies beinhaltet zudem die Vorstellung darüber, wer Behauptungen von Naturwissenschaftlern mit Skep-

sis betrachten darf und somit zu neuem Wissen beitragen kann (Kremer et al., 2007a; Urhahne, 2007). „Rechtfertigung des Wissens“ beinhaltet, wie Lernende mit Behauptungen und Beweisen umgehen und Aussagen von Lehrern und Experten nutzen. Ein Schwarz-Weiß-Denken findet statt oder vielfältige Meinungen und begründete Urteile werden verwendet (Kremer et al., 2007a; Urhahne, 2007). „Subjektivität des Wissens“ beschreibt, ob Wissen objektiv oder subjektiv entsteht (Urhahne, Kremer, & Mayer, 2008).

Die Vorstellungen über naturwissenschaftliche Methoden beinhalten die Dimensionen „Empirischer Charakter der Naturwissenschaft“ und damit den Mythos einer universellen, naturwissenschaftlichen Methode, „Zweck der Naturwissenschaften“, „Struktur und Ziele von Experimenten“, „Unterscheidung von Theorie und Gesetz“ und „Kreativität in der Naturwissenschaft“ (Kremer et al., 2008; Werner & Kremer, 2010). Die Dimension „Empirischer Charakter der Naturwissenschaft“ beinhaltet, dass naturwissenschaftliche Erkenntnisse auf empirischen Belegen beruhen, die fortlaufend hinterfragt und mit Skepsis betrachtet werden müssen. Dabei genügt ein empirischer Beleg nicht zur Bildung von sicheren naturwissenschaftlichen Erkenntnissen (Werner & Kremer, 2010). „Zweck der Naturwissenschaften“ ist das Aufstellen von Theorien mit Hilfe von Erkenntnismethoden, um einen Teil der menschlichen Erfahrungen eine Ordnung zu geben und die Phänomene zu erklären (Urhahne et al., 2008). Der Bereich „Struktur und Ziele von Experimenten“ umfasst, dass Experimente für die Naturwissenschaft einen hohen Wert als Erkenntnismethode haben. Die „Unterscheidung von Theorie und Gesetz“ ist wichtig, da die zwei Konstrukte verschiedene Funktionen haben. Während naturwissenschaftliche Gesetze Beschreibungen naturwissenschaftlicher Phänomene sind (statisch), sind naturwissenschaftliche Theorien Erklärungsversuche für untersuchbare Phänomene (dynamisch). Theorien werden niemals zu Gesetzen und es besteht auch sonst keine hierarchische Beziehung. „Kreativität in den Naturwissenschaften“ ist ein wichtiger Bestandteil neben der Empirie. Die Gewinnung neuer Erkenntnisse ist kein vollkommen rationaler und absolut logischer Prozess, sondern ein kreativer (Werner & Kremer, 2010).

Der letzte Bereich Vorstellungen über Institutionen und soziale Handhabung beinhaltet den Aspekt „soziale und kulturelle Eingebundenheit der Naturwissenschaft“ (Kremer et al., 2008; Urhahne et al., 2008). „Wissenschaft ist ein menschliches Unternehmen, eine kulturelle Institution, welche durch methodisch kontrollierte Forschung zuverlässige Erkenntnisse zu einem Gegenstand hervorbringt“ (Gropengießer, Kattmann & Krüger, 2010, S. 26). Die Wissenschaft steht dabei mit sozialen und kulturellen Einflüssen in Wechselbeziehung, wird von diesen gelenkt und ist nicht unabhängig (Werner & Kremer, 2010). Einflüsse sind beispielsweise Finanzierung, Freiheit der Forschung und Traditionen (Gropengießer et al., 2010), historische Einbettung von Wissen und wissenschaftlichen Irrtümern (Mayer et al., 2004) und die soziale Realität des Wissenschaftlers (Ohly, 2003). Ebenso hat die Wissenschaft einen Einfluss auf verschiedene Bereiche der Kultur, in der sie existiert. „Naturwissenschaft wird im Kontext der Kultur ausgeübt und die Ausübenden sind ein Produkt dieser Kultur“ (Werner & Kremer, 2010, S. 140). Für die Verwendung des Wissens ist jeder Einzelne verantwortlich (Labudde, 2010).

Eine zusammenfassende Definition zum Wissenschaftsverständnis kann wie folgt lauten:

„Naturwissenschaftliches Wissen besitzt einen vorläufigen Charakter und verändert sich im Laufe der Zeit, stützt sich auf empirische Belege, wird objektiv

durch Beobachtung und Experimente gewonnen, ist aber auch subjektiv und theoriegeladen, stellt ein Produkt menschlicher Kreativität dar und ist von sozialen, kulturellen und technologischen Aspekten mitgeprägt.“ (Ledermann, S. 2).

2.2 Naturwissenschaftlicher Erkenntnisprozess und dessen Erkenntnismethoden

Bei naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozessen wird das Ziel angestrebt, neue Erkenntnis mit Hilfe wissenschaftlicher Methoden hinzuzugewinnen. „Naturwissenschaftliche Erkenntnisse sind das Ergebnis von Forschung. Sie umfassen sowohl Beschreibungen von Fakten als auch deren Erklärung, die von Theorien geliefert werden“ (Gropengießer et al., 2010, S. 26).

Im Alltag wird oft von beobachteten Einzelfällen auf allgemeingültiges Wissen generalisiert (Induktion) (Killermann, Hering & Starosta, 2011). Der induktive Zugewinn an Erkenntnissen kann nicht mit Gültigkeit nachgewiesen werden, da die Verallgemeinerung durch einen Sonderfall widerlegt werden kann. Für zukünftige Fälle gibt es keine sicheren Vorhersagen (Gropengießer et al., 2010; Staeck, 2010; Killermann et al., 2011). Da auf dem induktiven Weg somit keine Theorien generiert werden können, ist dieser Weg im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess nicht ohne weiteres zulässig (Gropengießer et al., 2010). Die erzeugten Verallgemeinerungen müssen rückwirkend an nicht erfassten, einzelnen Objekten bestätigt werden (Deduktion), so dass die Verlässlichkeit und Voraussagefähigkeit der Hypothese erhöht wird (Staeck, 2010; Gropengießer et al., 2010; Killermann et al., 2011). Der Erkenntnisprozess ist „grundsätzlich immer schon von Anfang an von Hypothesen und Theorien über den Gegenstand geleitet und baut auf vorhergehende Erkenntnisse auf“ (Moisl, 1988, S. 7). Jede Induktion setzt immer bereits Theorien voraus und impliziert somit deduktive Elemente (Killermann et al., 2011; Moisl, 1988). Das charakteristische Verfahren der Naturwissenschaft ist vorwiegend ein deduktives Verfahren, wobei ein Wechselspiel von Induktion oder besser Verallgemeinerung (da Induktion deduktive Elemente impliziert) und Deduktion stattfindet (Spörhase-Eichmann & Ruppert, 2010; Killermann et al., 2011). Die Verallgemeinerung bringt Erkenntniserweiterung, während die Deduktion die empirische und logische Nachprüfung darstellt und somit die Allgemeingültigkeit der Erkenntnisse erhöht. Allgemein ist dies ein Weg vom Erkunden (theoriegeladen) hin zum Erkennen (evidenzbasiert) (Gropengießer & Kattmann, 2010) und somit eine Kombination von Empirie und Theorie.

In der Naturwissenschaft ist das hypothetisch-deduktive Verfahren das charakteristische Verfahren, welches mit verschiedenen Erkenntnismethoden durchgeführt werden kann (Puthz, 1988; Wellnitz & Mayer, 2008; Meisert, 2007). Bei diesem Verfahren ist der Erkenntnisprozess an die Lösung eines naturwissenschaftlichen Problems durch Hypothesenbildung und deren Überprüfung in der Realität gebunden. Das Wechselspiel aus Verallgemeinerung und Deduktion kann beobachtet werden. Am Anfang des Erkenntnisprozesses (vgl. Abb. 3) steht in der Regel ein wahrnehmbares Phänomen, ein Problem, eine ungeklärte Datenlage oder eine Lücke im Wissensstand, welche mit vorhandenem Vorwissen nicht erklärt werden können. Aus dem Beobachteten leiten sich naturwissenschaftlich zugängliche Fragestellungen ab (Verallgemeinerndes Element) (Mayer, 2004). Die Fragestellung beinhaltet die „Beschreibung dessen, was es gibt, die Einordnung des Bekannten in ein System und die Suche nach Erklärungen und Gesetzmäßigkeiten“ (Ohly, 2003, S. 3). Die Fragen werden präzise formuliert, so dass daraus empirisch überprüfbare Hypothesen und Entwürfe für Untersuchungs-

designs generiert werden können. Das Aufstellen sinnvoller Fragestellungen wird durch das Theoriewissen mitbestimmt (Grube, 2010). Für das Aufstellen der Hypothesen sowie die Versuchsplanung ist ein divergentes Denken notwendig (Deduktives Element) (Mayer et al., 2004). Gewonnene Daten aus der Durchführung der Untersuchung werden ausgewertet und die Ergebnisse in Bezug auf die aufgestellte Hypothese interpretiert (Wellnitz & Mayer, 2008). Bzgl. der Hypothese ergeben sich Evidenzen, welche für bzw. gegen die zu überprüfende Hypothese sprechen. Die Hypothese wird entweder falsifiziert oder verifiziert, was nach sich zieht, dass die Hypothese entweder zurückgewiesen oder vorläufig akzeptiert und weiter geprüft werden muss (Hammann, 2007). Hierfür ist konvergentes Denken mit kohärenten Schlussfolgerungen grundlegend (Mayer et al., 2004). Wichtig für die Gültigkeit der Hypothesen und später die Theoriebildung ist die Überprüfung der Hypothese an vielen Fällen und nicht nur dem Einzelfall (Killermann et al., 2011).

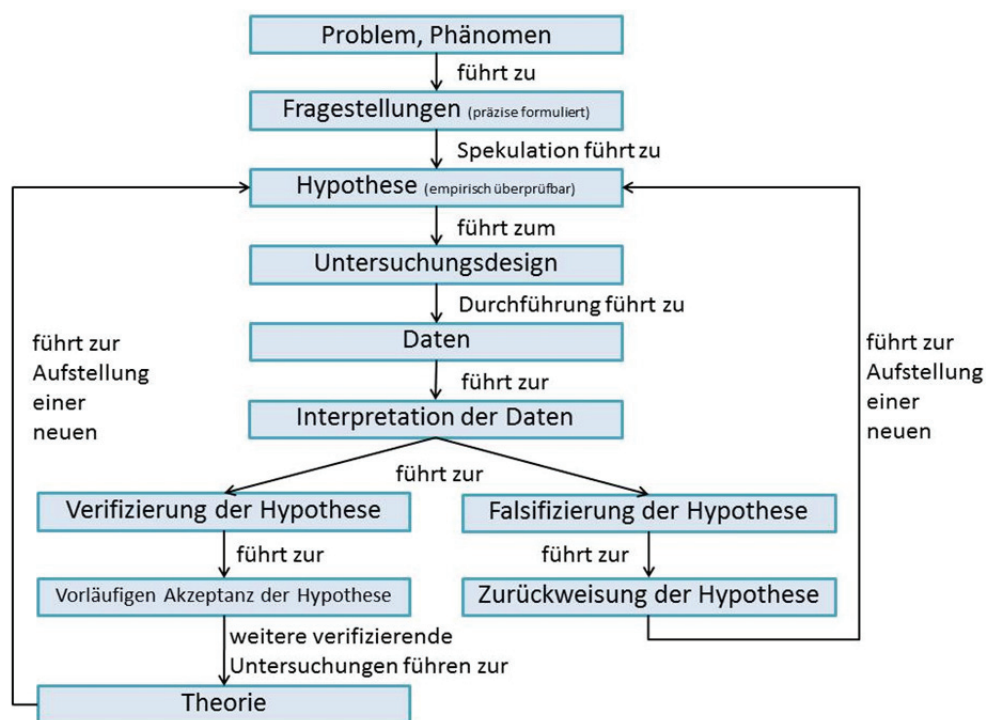


Abbildung 3: Naturwissenschaftlicher Erkenntnisprozess nach dem hypothetisch-deduktiven Verfahren. Quelle: Eigene Darstellung.

Dieser Erkenntnisprozess ist zyklisch, da neue Erkenntnisse zu neuen Fragestellungen und Hypothesen führen können (Vorst, 2007). Das Wechselspiel von Verallgemeinerung und Deduktion treibt den Prozess voran (Gropengießer & Kattmann, 2010). Die einzelnen Schritte des hypothetisch-deduktiven Verfahrens geben kein schematisches Vorgehen vor, sondern müssen je nach Problemstellung aufeinander abgestimmt werden (Gropengießer & Kattmann, 2010). Die drei Komponenten Hypothese formulieren, Experiment planen und Daten auswerten sind die Grundpfeiler des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses und spiegeln wissenschaftliches Denken wider (vgl. Kapitel 2.1.1) (Hammann, 2007; Mayer, 2004). Im naturwissenschaftlichen Bereich kann das wissenschaftliche Denken als „Fähigkeit zum hypothetisch-deduktiven Denken, zur bewussten und systematischen Prüfung von Theorien und Hypothesen verstanden“ (Bullock & Sodian, 2003, S. 75) werden. Durch naturwis-

senschaftliche Erkenntnisprozesse im Unterricht kann den Schülern die Logik der Forschung, mit u.a. der wiederholten Verifikation und kritischen Überprüfung durch den Versuch einer Falsifikation, näher gebracht werden (Gropengießer et al., 2010).

Für das hypothetisch-deduktive Verfahren gibt es keine Standardmethode, sondern das Beobachten, Vergleichen, Ordnen und Experimentieren erhalten einen zentralen Stellenwert (Wellnitz & Mayer, 2008; Gropengießer & Kattmann, 2010; Staeck, 2010; Ledermann). Die Erkenntnismethoden gehen auf wissenschaftliches Denken zurück und müssen der hohen Komplexität der Biologie und dem Umstand, dass mit lebenden Systemen gearbeitet wird, Rechnung tragen. Die Grenzen der naturwissenschaftlichen Methoden müssen wissenschaftspropädeutisch und ethisch beurteilt werden (vgl. Kapitel 2.1.2) (Mayer et al., 2004). Je nach Problem und Fragestellung sind verschiedene Erkenntnismethoden gangbar (Gropengießer & Kattmann, 2010; Ohly, 2003). Das naturwissenschaftliche Beobachten beinhaltet „aufmerksamkeitsgeleitetes und an bestimmten Kriterien orientiertes planmäßiges Erfassen von Objektmerkmalen und deren zeitlichen Veränderungen“ (Wellnitz & Mayer, 2008, S. 7). Beim Vergleichen werden „mindestens zwei Objekte oder Vorgänge hinsichtlich bestimmter Kriterien einander gegenübergestellt und bezüglich der Ähnlichkeiten oder Gemeinsamkeiten und Unterschiede erfasst“ (Wellnitz & Mayer, 2008, S. 9). Das Ziel beim Ordnen ist die Zusammenfassung von „Objekten oder Vorgängen mit ähnlichen Eigenschaften oder Merkmalen in Kategorien“ (Wellnitz & Mayer, 2008, S. 9). Beim Experimentieren wird zielgerichtet in einen Ablauf eingegriffen. Variablen werden kontrolliert, isoliert und variiert, um Kausalitäten aufzudecken (Wellnitz & Mayer, 2008).

Die Kenntnis und Beherrschung sowie das Verständnis des Erkenntnisprozesses und der Erkenntnismethoden ist ein bedeutendes Bildungsziel im naturwissenschaftlichen Unterricht (KMK, 2005). Schüler sollen Probleme selbstständig angehen und einen Einblick in die Methoden und den Prozess sowie die Leistungsfähigkeit und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung erhalten und eine kritische Reflexion darüber vornehmen können (Staeck, 2010). Der Problemlöser mit seinen Vorstellungen über den Prozess und die möglichen Methoden spielen eine zentrale Rolle für die Güte des Gelingens (Spörhase-Eichmann & Ruppert, 2010). Wissenschaftliche Erkenntnisprozesse und Erkenntnismethoden fördern wissenschaftliches Denken und Wissenschaftsverständnis (vgl. Kapitel 2.1).

2.3 Experimentieren als naturwissenschaftliche Erkenntnismethode

Das Experimentieren ist eine typische naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweise, die einen wesentlichen Einblick in die Wissenschaftsmethodik und das Wissenschaftsverständnis der Biologie ermöglicht (Mayer & Ziemek, 2006; Gropengießer & Kattmann, 2010).

Das Experimentieren fordert ein Engagement für die Wissenschaft und beinhaltet die Erkundung und Erklärung von Daten sowie die Erweiterung des Wissens und die Evaluation von Erklärungsmodellen. Die Beobachtung wird für exaktes und differenziertes Wahrnehmen von typischen Merkmalen und Veränderungen an einem Gegenstand, einem Lebewesen oder einem Phänomen beim Experimentieren verwendet (Labudde, 2010). Beim Experimentieren wird von kausalen Theorien ausgegangen und derart gezielt und kontrolliert in Objekte und Lebensprozesse eingegriffen und diese verändert, dass es möglich ist, vermutete Zusammenhänge über Ursachen und Wirkungen zu überprüfen und somit Problemstellungen zu lösen (Hammann, Phan, Ehmer & Bayrhuber, 2006; Moisl, 1988; Staeck, 2010). Das Expe-

riment ist die einzige Erkenntnismethode, die einen Zusammenhang von zwei oder mehreren Merkmalen in einer zeitlichen Abfolge von Ursache-Wirkungsrelationen nachweisen kann (Krüger, 2009; Gropengießer et al., 2010; Spörhase-Eichmann & Ruppert, 2010). Komplexe biologische Sachzusammenhänge werden aus diesem Grund häufig erst im Experiment durch die Veränderung und Bestimmung von Einzelfaktoren erkennbar und durchschaubar (Staeck, 2010). Biologische Experimente sind die „Quelle und das Fundament eines beträchtlichen Wissensstandes über biologische Strukturen und Prozesse“ (Weber, 2005, S. 359), die den Modus biologischer und naturwissenschaftlicher Welterschließung kennzeichnen (Gropengießer & Kattmann, 2010).

Eine zusammenfassende Definition könnte wie folgt lauten:

„Ein Experiment (lat.: Probe, Versuch) ist eine Serie planmäßiger Beobachtungen [unter vorgewählten, kontrollierten Bedingungen, Anmerkung des Verf.] bei planmäßiger Isolierung und [systematischer, Anmerkung des Verf.] Variation von Bedingungen, mit dem Ziel, die Abhängigkeit der Lebensvorgänge von den einzelnen Faktoren zu erkennen und Regel- bzw. Gesetzmäßigkeiten ableiten zu können ... Der Versuch ist ein vom Menschen künstlich herbeigeführter natürlicher Vorgang, dessen Bedingungen übersehbar sein müssen.“ (Grupe, 1977, S. 240).

Die Erkenntnismethode Experiment unterliegt einer „systematisch-strengen Einbettung in eine klare Reihenfolge von Erkenntnisschritten“ (Puthz, 1988, S. 11). Die Erkenntnisschritte richten sich nach dem hypothetisch-deduktiven Verfahren (vgl. Abb. 3), wobei die Schritte je nach Problemstellung aufeinander abgestimmt werden müssen. Die wesentlichen Erkenntnis- und Dokumentationsmethoden, wie Beobachten, Vergleichen, Beschreiben, Protokollieren, Zeichnen, Beurteilen, Schlussfolgern, Verallgemeinern, müssen für jedes Problem, welches mit einem Experiment gelöst werden soll, sinnvoll ausgewählt und zusammengeführt werden (Killermann et al., 2011; Gropengießer & Kattmann, 2010). Als Binnenstruktur des Experimentierens können drei eigenständigen Teilkompetenzen: Hypothesenbildung, Experimentplanung sowie Datenanalyse ausgemacht werden (Hamann, 2007).

Das Experiment dient im Erkenntnisprozess der Hypothesenprüfung. Es liefert die Entscheidung über die Verifizierung oder Falsifizierung einer Hypothese oder Theorie und kennzeichnet aus mehreren möglichen Erklärungen für ein Phänomen die richtige Erklärung und identifiziert wirksame Faktoren (Weber, 2005; Spörhase-Eichmann & Ruppert, 2010). Die Anwendung weiterer Erkenntnismethoden zur Absicherung der Ergebnisse ist notwendig. Das Experiment kann ebenso eine erkundende und vorbereitende Funktion erfüllen (Weber, 2005). Vorbereitend bedeutet, dass zum Beispiel (z.B.) experimentelle Eichprozesse zur Sicherstellung der Qualität von Messinstrumenten und Messprozeduren vorgenommen werden. Zudem dient das Experiment der systematischen Analyse und Minimierung von Messfehlern (Wodzinski, 2010; Höttecke, 2008). Neben dem hypothesentestenden Experiment können auch Mess- und Modell- sowie technische Experimente ausgemacht werden (Wodzinski, 2010).

In der Schule kann „Das Experiment (...) [als, Anmerkung des Verf.] Mittel zur empirischen Erkenntnisgewinnung“ (Moisl, 1988, S. 6) einen Beitrag zur Ausbildung der Kompetenz „Erkenntnisgewinnung“ leisten (Mayer & Ziemek, 2006). Schüler können mittels des Experiments lernen, wie naturwissenschaftliche Erkenntnisprozesse zu neuen Erkenntnissen füh-

ren und was naturwissenschaftliche Erkenntnismethoden und Aussagen charakterisiert (Hof & Mayer, 2008). Schüler sollen die Fähigkeit erlangen, selbstständig neue Erkenntnisse auf einem Gebiet zu erwerben und zu reflektieren (Mayer & Ziemek, 2006; Hammann, 2004; Killermann et al., 2011; Berck, Graf, Fischer & Yaman, 2010). Das Durchführen von Experimenten und Anwenden der hypothetisch-deduktiven Beweisführung im Unterricht ermöglicht die Förderung biologischer Fragehaltung und die Verbindung von Theorie und Praxis (Mayer & Ziemek, 2006). Gerichtetes, konsequentes, planmäßiges Reflektieren, selbstständiges, kreatives Denken, Erkennen der Wirksamkeit von Gesetzmäßigkeiten und Möglichkeit der Naturnutzung sowie das Beherrschen von Einzelkenntnissen über Objekte, Versuchstechniken und -geräten kann gefördert werden (Gropengießer & Kattmann, 2010). Dabei werden manuelle Fertigkeiten, wissenschaftliches Denken und das Wissenschaftsverständnis geschult (vgl. Kapitel 2.1). Das Wissenschaftsverständnis kann durch die kritische Auseinandersetzung mit dem Experimentieren und dessen Grenzen gefördert werden (Mayer & Ziemek, 2006). Für das Experimentieren ist ein gewisses Vorwissen und die Anwendung naturwissenschaftlicher und kognitiver Instrumente notwendig (Labudde, 2010). Da es sich beim Experiment um ein anspruchsvolles, komplexes Gefüge handelt, ergeben sich verschiedene Anforderungsbereiche beim Experimentieren. Schüler gehen verschieden gut mit den Anforderungen, wie naturwissenschaftliche Probleme begreifen, Hypothesen formulieren, Experiment planen, Daten generieren und Schlussfolgerungen bezüglich eines Phänomens ziehen, um (Grube, 2010). In den PISA-Studien zeigte sich, dass Schüler mit naturwissenschaftlichem Experimentieren große Schwierigkeiten haben (Niebert & Gropengießer, 2006). Die „fachspezifische Methodenkompetenz, und darin vor allem die Fähigkeit zu wissenschaftlichem Prozessdenken, ist in Deutschland einer der zentralen Defizitbereiche“ (Mayer, 2004, S. 94). Die Vorstellungen der Schüler werden als unangemessene konzeptuelle Vorstellungen interpretiert und Defizite der Problemlöser als eine mangelnde Koordination von Theorie und Evidenz (Mayer, 2007).

2.3.1 Hypothesenbildung

Im hypothetisch-deduktiven Verfahren des Experimentierens nimmt die Hypothesenbildung eine wichtige Stellung ein, da sie die Verbindung zwischen Erfassung des Phänomens und Datenerhebung darstellt (Meisert, 2007). Die Hypothese ist eine „Erklärung auf Probe“, das heißt (d.h.) sie beinhaltet eine mögliche gültige Erklärung, wobei nur ein eingeschränkter Erklärungsanspruch vorliegt (Ohly, 2003; Meisert, 2007) (vgl. Kapitel 2.1.2: Sicherheit [S]). Durch das Wundern über ein Phänomen, vorliegende Daten oder die Beobachtungen einer Problemstellung werden Hypothesen unter bestehendem Wissen aufgestellt (Hammann, 2004; Gropengießer & Kattmann, 2010) (vgl. Kapitel 2.1.2: Herkunft [H]). Die Hypothesenbildung kann deduktiv, induktiv oder intuitiv gestaltet sein und neue oder modifizierte Hypothesen liefern. Wird vor dem Aufstellen ein intensives Studium des Wissens betrieben, welches zur spezifischen Hypothese führt, so entspricht dies dem deduktiven Weg. Beim induktiven Weg werden einzelne zugehörige Beispiele einbezogen, die als Abstraktionsprozess in der Hypothese festgehalten werden (Hussy, Schreier, & Echterhoff, 2010). Die Hypothese liefert über das einzelne Phänomen hinaus allgemeine Erklärungen (Ohly, 2003; Beller, 2008) und stellt eine intermediäre Aussageform, die im Abstraktionsgrad zwischen beschreibenden und theoretischen Aussagetypen anzusiedeln ist, dar. Die Hypothese beinhaltet eigenständige gedankliche Strukturen und/ oder empirisch zu überprüfende Gedankenmodelle, die externa-

lisiert werden. Partiiell enthalten Hypothesen das gedankliche Repertoire und Präkonzepte, aus denen sich später Zielkonzepte zusammensetzen (vgl. Kapitel 2.1.2: Subjektivität [Su]). Die Hypothese markiert damit soziokulturelle und individuelle Grenzen wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung, da sie aus dem „Plateau des Denkbaren“ bestehen (Meisert, 2007) (vgl. Kapitel 2.1.2: Soziale und kulturelle Eingebundenheit [SK]).

In der Biologie wird die Hypothese meist als Vermutung für Zusammenhänge über Ursache-Wirkungsrelationen formuliert (Mayer & Ziemek, 2006; Hammann, 2004) (vgl. Kapitel 2.1.2: Zweck der Naturwissenschaft [Z]). Sie drückt die Beziehung zwischen Variablen aus (Beller, 2008), die im Konditionalsatz, der Wenn-dann-Aussage (Mayer & Ziemek, 2006) oder der J-desto-Aussage zum Ausdruck kommen (Labudde, 2010; Beller, 2008). Durch diese Aussagetypen wird der Ursache-Wirkungsrelation eine Kausalrichtung vorgegeben. Existenzbehauptungen als Hypothesen sind nicht beantwortbar und werden aus diesem Grund gemieden. Je nachdem, wie die Hypothese formuliert ist, kann es sich um Unterschieds-, Zusammenhangs-, gerichtete, ungerichtete, spezifische oder unspezifische Hypothesen handeln (Beller, 2008).

Auf Basis der Theorie wird die Hypothese wissenschaftlich fundiert und theoretisch begründbar formuliert (Gropengießer et al., 2010). Die Begründung der Hypothese ist für die Nachvollziehbarkeit durch andere Personen notwendig (Hussy et al., 2010). Die Theorie dient zudem der Entwicklung von Hypothesen, da sie beispielsweise Wissenslücken aufzeigt und so zum Fortgang der Wissenschaft beiträgt. Die eigene Auseinandersetzung mit Wissenschaft und Wissenschaftstheorien ist dafür grundlegend. Da die Hypothese vorläufig und spekulativ ist, handelt es sich bei der Theorie auch um vorläufige und revidierbare Aussagesysteme (vgl. Kapitel 2.1.2: [S]). Der spekulative Charakter der Hypothese erlaubt die Prognosefähigkeit, d.h. aus der Hypothese kann eine Prognose abgeleitet werden, die einer empirischen Überprüfung zugänglich ist (Ohly, 2003). Zudem bedingt die Vorläufigkeit und Spekulation der Hypothese die prinzipielle Widerlegbarkeit (Gropengießer et al., 2010; Beller, 2008). Eine Hypothese kann im Erkenntnisprozess (vgl. Abb. 3) gänzlich falsifiziert, indem ein einziges objektives Ergebnis den Widerspruch zu den angegebenen empirischen Bedingungen aufzeigt (Meisert, 2007) oder verifiziert werden. Eine komplette Verifizierung ist niemals möglich, da nicht alle möglichen Fälle überprüft werden können. Durch die Verifizierung wird lediglich der Grad der Zuverlässigkeit erhöht (vgl. Kapitel 2.1.2: Empirischer Charakter der Naturwissenschaft [E]). Die Verifizierung und Falsifizierung macht es sinnvoll, zu jeder Hypothese die Gegenhypothese zu formulieren, da somit eine Hypothese an Zuverlässigkeit gewinnt, während die andere falsifiziert wird (Mayer & Ziemek, 2006). Durch mehrfache Überprüfungen und Revisionen werden Hypothesen intensiv gedanklich durchdrungen (Meisert, 2007).

Des Weiteren ist die Hypothese fruchtbar, d.h. neues Wissen, neue Fragen, neue Probleme werden produziert und das Wissen durch Hypothesenbildung vorangebracht (Meisert, 2007) (vgl. Kapitel 2.1.2: Rechtfertigung [R]). Die Hypothese ist durch ihre Einfachheit gekennzeichnet, d.h. die Prinzipien der sparsamsten Erklärung und der Isolierung von wirksamen Faktoren von weniger wirksamen Faktoren werden angewendet (Ohly, 2003). Das bedeutet, wenn zwei Hypothesen zur Auswahl stehen und keine eindeutig falsch ist, dann ist die einfachere bzw. sparsamere zu wählen (Mayer & Ziemek, 2006) (vgl. Kapitel 2.1.2: Komplexität [K]). Die Einfachheit verlangt von einer Hypothese logische Konsistenz, Plausibilität, Sinnhaftigkeit und Erklärungscharakter (Grube, 2010). Die Hypothese muss einer äußeren und inneren Widerspruchsfreiheit entsprechen (Mayer & Ziemek, 2006). Dies bedeutet, dass die Hy-

pothese nicht im Widerspruch zu gültig anerkannten Theorien, Beobachtungen und Daten stehen darf. Die Hypothese muss formallogisch fehlerfrei sein und darf keine Zirkularitäten aufweisen. Die Anschaulichkeit durch die Möglichkeit des Anknüpfens an Erfahrungen oder Modelle ist ebenfalls kennzeichnend für Hypothesen (Ohly, 2003). Des Weiteren muss die Hypothese, da sie dem Erkenntnisprozess dient, naturwissenschaftlich und empirisch überprüfbar sein (Krüger, 2009; Sedlmeier & Renkewitz, 2008). Dazu muss die Hypothese operationalisiert formuliert sein, so dass festgelegt wird, was zu messen ist (Krüger, 2009) und es muss angegeben werden können, in welchen empirischen Kontexten sie sich bewähren oder auch nicht bewähren kann. Die Hypothese muss empirische Daten aus dem Bereich, den sie erklären soll, dann auch erklären können (Ohly, 2003) (vgl. Kapitel 2.1.2: [E]). Somit ermöglicht die Hypothese die Konzeption plausibler und zielorientierter Untersuchungsansätze und steckt deren Rahmen ab (Mayer & Ziemek, 2006; Meisert, 2007). Zudem beeinflusst die Hypothese auch die Datenanalyse, deren Ziel die Überprüfung der Eingangshypothese darstellt (Hammann et al., 2006) (vgl. Kapitel 2.1.2: [R]). Beim Erkenntnisprozess handelt es sich solange um Hypothesen, wie der wissenschaftliche Nachweis noch aussteht (Hussy et al., 2010). Wurde der Nachweis erbracht, können Theorien und Gesetze entstehen. Für das Experimentieren ist ein entsprechendes Maß an Hypothesenvielfalt von Vorteil (Meisert, 2007), da durch eine Vielfalt die Überprüfung verschiedener Bedingungen initiiert wird (Krüger, 2009) und somit die Verengung durch die Hypothesen ausgeglichen werden kann (Sedlmeier & Renkewitz, 2008).

2.3.2 Defizite bei der Hypothesenbildung

Das Bilden von Hypothesen stellt hohe Anforderungen an die Schüler, da Fachwissen notwendig ist (Mayer et al., 2008). Die Formulierung einer unplausibel erscheinenden Hypothese oder die Generierung von mehr als einer Hypothese bereitet den Schülern Schwierigkeiten (Grube, 2010). Während Erwachsene multiple Hypothesen zur Erklärung nutzen, machen Schüler, vor allem in der Sekundarstufe I, dies nicht. Außerdem setzen Erwachsene im Gegensatz zu Schülern Hypothesen logisch zueinander in Beziehung (Hammann, 2004). Häufig arbeiten Schüler sogar gänzlich ohne Hypothesen (Hammann et al., 2006). Werden Hypothesen doch genutzt, wird meist unsystematisch mit ihnen umgegangen (Hammann, 2004), wobei das ungerichtete Erkunden zum Teil mehr über die Funktionsweise eines Systems hervorbringen kann. Dies zieht wiederum den Erwerb von größerem Wissen nach sich (Hof & Mayer, 2008). Jüngere Schüler gehen zum Teil offener an die Phänomene heran und bedenken mehr Faktoren als ältere Schüler (Kremer & Schlüter, 2007).

Beim Aufstellen von Hypothesen gibt es zwei Typen der Herangehensweise. Der Experimentator generiert Hypothesen aus dem Hypothesen-Raum und überprüft diese anschließend mit Experimenten. Bei der Falsifikation der aufgestellten Hypothese sucht der Experimentator im Experiment-Raum ohne explizit formulierte Hypothesen weiter und gewinnt dann zutreffende Hypothesen. Der Theoretiker führt nur Experimente durch, die explizit durch formulierte Hypothesen geleitet werden. Wenn Hypothesen vom Theoretiker falsifiziert werden, werden neue, zutreffende Hypothesen aufgrund des Vorwissens gebildet. Bei diesen zwei Typen liegt der wesentliche Unterschied darin, dass der Experimentator im Gegensatz zum Theoretiker nicht nach dem wissenschaftsmethodischen Prinzip, bei dem die Hypothesen aus dem Hypothesen-Raum stammen, arbeitet. Grund für diesen Unterschied ist das bestehende Vorwissen über das zu klärende Phänomen, was jedoch bewirkt, dass es sich bei den

zwei Typen nicht um bestehende sondern variierbare Persönlichkeitsmerkmale handelt (Hammann, 2007). Schüler, die oft wie Experimentatoren vorgehen, können durch Wissens-erweiterung an das theoretische Vorgehen herangeführt werden.

2.3.3 Experimentplanung

Das Experiment ist eine bestimmte Form der Anlage von Untersuchungen, welche wissen-schaftlichen Gütekriterien genügen muss. Drei wissenschaftliche Kriterien sind für das Expe-rimente und deren Planung bedeutend, damit erlaubte Aussagen gezogen werden können. Die drei Kriterien sind Objektivität, Reliabilität und Validität (Killermann et al., 2011; Roberts, 2001). Objektivität beim Experiment bedeutet, dass das Experiment und dessen Ergebnisse weitgehend unabhängig vom Versuchsleiter sind (Krüger, 2009; Killermann et al., 2011) und eine uneingeschränkte Replizierbarkeit vorliegt (Hellmich & Höntges, 2010; Grube, 2010; Roberts, 2001). Objektivität ist bei der Durchführung und der anschließenden Auswertung und Interpretation der Ergebnisse notwendig (Sedlmeier & Renkewitz, 2008). Da das Expe-riment durch subjektive Hypothesen und Vorstellungen des Experimentators geleitet wird, ist nur die Transsubjektivität für ein Experiment als Alternative zur Objektivität zu fordern. Das bedeutet, dass das Experiment von der jeweiligen Person, der Zeit und dem Ort unabhängig ist (Mayer & Ziemek, 2006). Unter der Reliabilität versteht man die Zuverlässigkeit und Messgenauigkeit des Experiments (Killermann et al., 2011). Bei der Überprüfung der Reliabi-lität müssen mögliche Fehler des Experiments gegeneinander abgewogen werden (Gott, Duggan, Roberts & Hussain, 2010). Validität beinhaltet die Gültigkeit des Experiments be-züglich des zu messenden Merkmals (Killermann et al., 2011; Roberts, 2001) und damit ein-hergehend die Sicherheit der gewonnenen Befunde (Grube, 2010). Das Experiment soll das messen, was es auch vorgibt zu messen. Ist das Experiment intern valide, können eindeuti-ge Kausalschlüsse gezogen werden. Bei einer externen Validität können generalisierende Schlüsse aufgestellt werden (Sedlmeier & Renkewitz, 2008) (vgl. Kapitel 2.1.2: Struktur und Ziele von Experimenten [SZ]). Um die Kriterien für eine Experimentplanung abschätzen zu können, müssen die Grundgedanken des Experiments und deren Einfluss auf die Kriterien verstanden werden (Gott et al., 2010). Die Grundgedanken, die eine Planung eines Experi-ments ausmachen, sind durch wissenschaftliches Denken und Wissenschaftsverständnis gekennzeichnet.

Die Planung eines Experiments erwächst aus einer Problemstellung und damit einhergehend einer Fragestellung und formulierten Hypothese (Killermann et al., 2011). Das systematische und theoriegeleitete Experimentieren ist ohne die Berücksichtigung von Hypothesen unmög-lich (Hammann et al., 2006), da aus den zuvor aufgestellten Hypothesen empirisch überprüf-bare Folgerungen abgeleitet werden und ein Versuchsplan für das Experiment ausgearbeitet wird (Gropengießer et al., 2010). Das Experiment dient dem sukzessiven Überprüfen der aufgestellten Hypothesen (Grube, 2010; Krüger, 2009) (vgl. Kapitel 2.1.2: [SZ]). Die Planung muss deshalb für die Fragestellung und Hypothese angemessen sein und die Überprüfung der Hypothese logisch und arbeitstechnisch korrekt umsetzen (Mayer & Ziemek, 2006). Da die Planung des Experiments von Hypothesen geleitet wird, ist die Planung zu einem gewis-sen Teil subjektiv und theoriegeleitet (Niebert & Gropengießer, 2006). Die Informationen, die für die gültige Überprüfung der Hypothese benötigt werden, müssen bestimmt werden. Zu den Informationen zählen zu verändernde und zu kontrollierende Variablen, zu vergleichende Elemente, zusätzlich notwendige Informationen und die notwendigen Schritte, um die

relevanten Daten zu erheben (Mayer & Ziemek, 2006). Vorhandene Konzepte und Theorien werden aktiviert, um über Analogisierungen und kreatives Verknüpfen mögliche Lösungsansätze zu generieren (Meisert, 2007) (vgl. Kapitel 2.1.2: Kreativität [Kr], [SK]). Die Lösungsansätze werden hierbei auf die inhaltlichen Besonderheiten abgestimmt. Das bedeutet, dass für jedes Experiment neue Entscheidungen über Messinstrumente, anzuwendende Methoden und die Art des Aufzeichnens und der Reflexion der Daten getroffen werden müssen (Mayer, 2004). Die Entscheidungen sind grundlegend für die Reliabilität und Validität.

Bei der Planung muss beachtet werden, dass beim Experiment relevante Faktoren isoliert und ein Faktor unter Konstanthaltung der übrigen Faktoren manipuliert bzw. variiert wird. Dies ermöglicht, die Wirksamkeit und den Zusammenhang des variierten Faktors auf einen anderen zu messenden bzw. zu beobachtenden Faktor festzustellen (Staeck, 2010; Spörhase-Eichmann & Ruppert, 2010) (vgl. Kapitel 2.1.2: [E], [Z]). Bei der Isolation werden alle anderen möglichen Einflussgrößen (Störgrößen), welche die Messgröße verändern könnten, entweder ausgeschaltet, minimiert, für alle Versuchsdurchläufe gleich gehalten (Gropengießer & Kattmann, 2010) oder statistisch zufällig auf alle Ansätze gleich verteilt. Dies ermöglicht die Absicherung gegen die Störgrößen und die Zurückführung der Wirkung beim beobachteten Faktor auf den variierten Faktor (Gropengießer et al., 2010) (vgl. Kapitel 2.1.2: [S]). Störgrößen, die kontrolliert werden, werden als Kontrollvariablen bezeichnet (Hammann et al., 2006). Der Einfluss von Moderator- und Mediatorvariablen muss ebenfalls überprüft werden. Der variierte Faktor bzw. die hypothetische Einflussgröße wird als unabhängige Variable und der zu beobachtende Faktor bzw. die Messgröße als abhängige Variable bezeichnet (Krüger, 2009; Labudde, 2010). Wenn die Hypothese in einer Wenn-dann-Aussage formuliert ist, entspricht der Wenn-Teil der unabhängigen und der dann-Teil der abhängigen Variable (Beller, 2008). Die systematische, zielgerichtete Variation mindestens einer unabhängigen Variable wird genutzt, um den Effekt auf mindestens eine abhängige Variable durch Vergleich der Ansätze festzustellen und somit einen Kausalbezug nachweisen zu können (Killermann et al., 2011; Krüger, 2009; Roberts, 2001) (vgl. Kapitel 2.1.2: [S]). Der Vergleich der Ansätze führt zur Erhöhung der Validität der Ergebnisse. Ein Kontrollversuch als eine Möglichkeit der Variation ermöglicht die Deutung der Ergebnisse und den Ausschluss konkurrierender Erklärungen (Labudde, 2010; Mayer & Ziemek, 2006; Roberts, 2001). Ohne einen aussagekräftigen Kontrollansatz liegt eine fehlende methodische Aussagekraft des Experiments vor (Krüger, 2009; Hammann et al., 2006). Mögliche Kontrollansätze sind der Blindversuch, bei dem die unabhängige Variable weggelassen wird oder der Vorversuch, bei dem die Wirkung der unabhängigen Variable auf die abhängige Variable bereits mit Sicherheit besteht (z.B. Stärkenachweis bei Stärkepulver) (Gropengießer & Kattmann, 2010; Mayer & Ziemek, 2006). Ebenfalls der Vergleichbarkeit dienlich sind Eichreihen, Randomisierungen des Vorgehens (Mayer & Ziemek, 2006) und der Vergleich unter Minimal- und Optimalbedingungen (Gropengießer et al., 2010). Wichtig ist bei der Vergleichbarkeit der Experimente, dass die Gültigkeit der gewonnenen Daten durch eine gleiche Struktur der Experimente erreicht wird (Roberts, 2001). Beim Variieren handelt es sich immer um ein planmäßiges, zielgerichtetes, absichtliches oder willkürliches Eingreifen in das Geschehen (Krüger, 2009; Gropengießer et al., 2010). Der systematische Umgang mit den Variablen ist für das Experiment grundlegend (Hammann et al., 2006). Die Variation von Methoden ermöglicht zudem den Ausschluss des Einflusses der Methode auf die Versuchsergebnisse (Mayer & Ziemek, 2006; Krüger, 2009).

Da die Biologie sehr komplex ist, ist die Reduktion auf das Wesentliche beim Experimentieren notwendig, um die Eindeutigkeit der Ergebnisse zu gewährleisten (Klauer, 2005) (vgl. Kapitel 2.1.2: [K]). Das Operationalisieren der unabhängigen und abhängigen Variable, d.h. die Zuordnung einer eindeutig beobachtbaren Merkmalsausprägung, erlaubt die objektive Beobachtung, Erfassung und Messung von Daten (Krüger, 2009; Beller, 2008) (vgl. Kapitel 2.1.2: [Su]). Die Merkmalsausprägung muss in ausreichend feinen Unterschieden messbar sein (Beller, 2008) und die Anzahl und das Intervall der Messungen muss konkretisiert werden (Roberts, 2001). Bei der Mathematisierung findet die „Herauslösung der Erscheinungen aus ihrem Zusammenhang und [die Konzentration, Anmerkung des Verf.] auf die mathematische Beschreibung und Messung ihrer Funktionen (...) und deren Voraussage oder Vorberechnung“ (Puthz, 1988, S. 11) statt. Dies bewirkt eine Präzisierung und feinere Differenzierung der Ergebnisse (Sedlmeier & Renkewitz, 2008; Roberts, 2001). Bei der Operationalisierung werden relevante von weniger relevanten Variablen unterschieden (Roberts, 2001). Die relevanten zu untersuchenden Strukturen und Prozesse dürfen nicht in den Aspekten, die Gegenstand des Experiments sind, verändert werden (Weber, 2005). Die Struktur- und Funktionswiedergabe im Experiment darf nicht blindlings und stillschweigend vorausgesetzt werden, sondern muss kritisch betrachtet und zum Teil selbst Gegenstand einer Überprüfung werden, da auftretende Störgrößen die Folge sein könnten (Weber, 2005; Puthz, 1988).

Bei der Planung muss außerdem beachtet werden, dass das Experiment eindeutige Ergebnisse liefert, da nur dann die Daten zweifelsfrei bezüglich der Hypothese interpretiert werden können (Hammann, 2004) (vgl. Kapitel 2.1.2: [S]). Außerdem muss die Falsifikation der Hypothese denkbar sein (Mayer & Ziemek, 2006), da nur bestätigende Experimente nicht valide sind. Des Weiteren muss die Frage nach der Anzahl an Messungen geklärt werden. Hierbei ist die Wahl einer angemessenen Anzahl an Messungen eines Experiments und von Versuchswiederholungen für eine repräsentative Stichprobe bedeutend (Grube, 2010; Sedlmeier & Renkewitz, 2008). Die Durchführung mehrerer Messungen ist notwendig, da es durch Wiederholungen zu sicheren Wahrscheinlichkeitsaussagen der Ergebnisse kommt. Zudem können somit zufällige Streuungen der Fehler, z.B. instrumenteller oder menschlicher Art, beachtet werden und eine Generalisierung wird möglich (Gropengießer & Kattmann, 2010; Krüger, 2009; Gott et al., 2010) (vgl. Kapitel 2.1.2: [S]). Die Wiederholung führt zur Steigerung der Reliabilität und Validität der Ergebnisse. Bei der Wiederholung von Messungen geht es nicht um das Erzeugen identischer Werte, sondern um das Finden von Mittelwerten, Standardabweichungen, Standardfehlern und Konfidenzintervallen. Beim Experimentieren wird eine Auswirkung untersucht, die durch mehrfache Wiederholung für die Allgemeinheit steht und in einer Umgebung des Mittelwertes liegt. Ungewöhnliche Daten, die nicht um den Mittelwert liegen, sind nicht auszuschließen, sondern benötigen eine genauere Betrachtung, um mögliche Ursachen für diese Ausreißer zu finden (Gott et al., 2010). Die Ausreißer können auf inhärente Variationen in den Daten hindeuten oder die Folge einer unkontrollierten Variable sein. Die Größe und Repräsentativität der Stichprobe ist grundlegend für die Allgemeingültigkeit der Ergebnisse. Parallele Messreihen mit lebenden Organismen, die verschiedene Reaktionen aufweisen können, bewirken die Minimierung auftretender Fehler (Gropengießer et al., 2010). Positionseffekt, Übertragungseffekt und der Einfluss des zwischenzeitlichen Geschehens müssen beachtet werden (Hussy et al., 2010). Bei mehreren möglichen Versuchsplanungen ist die einfachste und überschaubarste zu wählen (Gropengießer & Kattmann, 2010), da dies die Nachvollziehbarkeit des Experiments erleichtert (Krüger, 2009) (vgl. Kapitel 2.1.2: [K]).

Um die Reproduzierbarkeit des Experiments (Meisert, 2007) zu erhöhen, kann die ausführliche, verständliche und präzise Dokumentation der Planung und der Durchführung des Experiments durch ein Protokoll genutzt werden (Krüger, 2009). Hierbei sollten die Absichten, Bedingungen, Einflüsse und das Vorgehen notiert werden. Fehlgeschlagene Versuche oder fragwürdige Vorkommnisse müssen ebenfalls aufgenommen werden, so dass der Versuch auf kritische Punkte überprüft werden kann (Mayer & Ziemek, 2006).

Beim Experimentieren kann qualitativ oder quantitativ vorgegangen werden. Qualitative Experimente bestehen aus einer Entscheidungsfrage, ob die unabhängige Variable einen Einfluss auf die abhängige Variable hat. Quantitative Experimente geben Reaktionen eines biologischen Systems oder Vorgangs mit vorgegebenen Einheiten in Intervallen an. Es findet die Beschäftigung mit dem genauen Einfluss des Faktors statt (Killermann et al., 2011).

2.3.4 Defizite bei der Experimentplanung

Schüler haben zum Teil Vorstellungen von einer Problemlösung, sind aber nicht in der Lage, dies auch tatsächlich in einem Untersuchungsdesign adäquat umzusetzen. Statt Experimenten werden beispielsweise Beobachtungen geplant (Niebert & Gropengießer, 2006). Da Schüler meist nach einfachen pragmatischen Lösungen suchen, verläuft das experimentelle Vorgehen nach dem Prinzip Versuch und Irrtum ab (Mayer & Ziemek, 2006).

Beobachtungen und Vermutungen ziehen nur selten experimentelle Fragestellungen und Versuchsplanungen nach sich (Mayer & Ziemek, 2006). Häufig werden Fragestellungen aus einer Beobachtung abgeleitet, ohne das fachliche Hintergrundwissen zu berücksichtigen oder es werden Fragen formuliert, in denen die Effekte unterschiedlicher Variablen gleichzeitig thematisiert werden. Außerdem stellen Schüler mit geringeren Erfahrungen im Experimentieren häufig unspezifischer, seltener quantifizierbare und insgesamt weniger Fragen als Schüler, die bereits häufiger experimentiert haben (Grube, 2010). Zusammengehörige Hypothesen und Experimente werden von Schülern selten erkannt. Sie haben Schwierigkeiten, selbst geplante Experimente durch übergeordnete Hypothesen zu lenken (Hammann et al., 2006). Die Schüler verstehen den Sinn und das Ziel des Prüfens von Hypothesen nicht (Hellmich & Höntges, 2010). Erwachsene und Schüler der Klasse 6, denen unplausible Hypothesen vorlagen, planten diskriminierende Experimente, die eindeutige Aussagen über die vorgegebene Hypothese als auch über eine plausiblere, selbstständig gebildete Hypothese zuließen (Hammann, 2007). Kinder der Klasse 3 schlugen gleich eine alternative Hypothese vor. Werden Hypothesen als Grundlage genutzt, dann meist nur jene, die den eigenen Erwartungen entsprechen (Hammann et al., 2006; Grube, 2010). Ältere Schüler sind eher in der Lage, plausible und unplausible Hypothesen miteinander zu kontrastieren. Zum Teil erheben Schüler durch Experimente lediglich bestätigende Daten, die die eigenen Erwartungen nicht widerlegen und somit auch nicht die Hypothese kritisch überprüfen (Hammann, 2007).

Häufig versuchen Schüler beim Experiment einen Effekt oder ein besonderes Ereignis zu erzielen, statt Ursache-Wirkungsrelationen systematisch unter kontrollierten Bedingungen zu erklären (Hammann et al., 2006). Oft wird nur eine Variable berücksichtigt und nicht verstanden, dass das Experiment naturgemäß durch die Untersuchung des Zusammenhangs zweier Variablen geprägt ist. Die korrekte Zuordnung von unabhängigen und abhängigen Variablen sowie ihre sinnvolle Anordnung im Versuch stellen Herausforderungen für die Schüler dar

(Grube, 2010; Hammann et al., 2006). Wird die Variation der Variablen vorgenommen, so fällt systematisches Variieren schwer (Hof & Mayer, 2008; Grube, 2010). Das „problemorientierte, systematische Vorgehen beim Experimentieren ist bei Schülern gering ausgeprägt“ (Mayer & Ziemek, 2006, S. 10). Im Experiment variieren Schüler zum Teil mehr als eine Variable und planen konfundierte Experimente (Grube, 2010; Hammann et al., 2006). Ansätze einer Versuchsreihe werden gänzlich ohne Bezug oder unlogisch variiert, d.h. es werden zum Beispiel unabhängige und Kontrollvariablen verändert. Durch das unsystematische Vorgehen werden die Hypothesen nicht systematisch überprüft (Hammann et al., 2006). Zudem werden viele Experimente ohne die Unterscheidung zwischen Testvariablen und zu kontrollierenden Variablen durchgeführt (Hammann et al., 2006; Hof & Mayer, 2008). Die Isolation von relevanten Variablen bereitet Schülern Probleme. Dies führt mitunter zu falschen Deutungen, da den Störgrößen zum Teil keine Beachtung zukommen (Grube, 2010). Unter entsprechender Instruktion sind Schüler jedoch in der Lage, die Variablen konstant zu halten (Hof & Mayer, 2008). Außerdem ist für viele Schüler schwer zu verstehen, dass für ein aussagekräftiges Experiment Kontrollansätze (Mayer & Ziemek, 2006; Hammann et al., 2006) sowie eine ausreichende Zahl an Messwiederholungen nötig sind (Grube, 2010). Beim wissenschaftlichen Planen von Experimenten werden statistische Analyseverfahren und mögliche Einflussfaktoren im Vorfeld getestet. Diese Planung nehmen Schüler aufgrund von Vermutungen nicht vor und beziehen diese ohne weiteres in ihr Untersuchungsdesign ein (Niebert & Gropengießer, 2006).

Das schematische Experiment, welches in der Schule vorherrschend ist, führt zudem dazu, dass das Verständnis über die Methode des Experimentierens eingeschränkt ist und die Prinzipien einfacher experimenteller Anordnungen nicht verstanden werden (Mayer & Ziemek, 2006).

2.3.5 Datenanalyse

Bei der Datenanalyse stehen das Beschreiben und Auswerten sowie die Interpretation der Daten des Experiments im Mittelpunkt (Killermann et al., 2011). Dabei werden die Daten im Zusammenhang zueinander betrachtet (Moisl, 1988), wobei eine angemessene Berücksichtigung aller Daten und eine kritische Interpretation wichtig sind (Hammann et al., 2006).

Beim Beschreiben und Auswerten der Daten werden die beobachteten bzw. gemessenen Daten, die als Sätze, Zahlen oder Bilder im Protokoll festgehalten wurden, möglichst objektiv formuliert (vgl. Kapitel 2.1.2: [Su]). Die Beschreibung und Auswertung wird verbal, tabellarisch, grafisch oder zeichnerisch vorgenommen (Spörhase-Eichmann & Ruppert, 2010). Die Anwendung statistischer Methoden kann die spätere Interpretation erleichtern. Da die Messergebnisse als quantifizierbare Werte erhoben werden, können sie in genormten Maßstäben dargestellt werden, um dann untereinander objektiv verglichen zu werden (Krüger, 2009; Gropengießer & Kattmann, 2010). Die quantitativen Daten erhöhen die Präzision der Aussagekraft und ermöglichen eine Übersichtlichkeit und Sparsamkeit auf das Wesentliche (Hussy et al., 2010). Die adäquate Repräsentation der Ergebnisse ist grundlegend für die Nachvollziehbarkeit. Beim Vergleichen können die Ergebnisse Kategorien zugeordnet werden, die das Vergleichen erleichtern. Die Kategorien müssen die Merkmale Exklusivität (Ergebnis findet sich nur in einer Kategorie wieder) und Exhaustivität (alle Kategorien müssen die Daten erschöpfend beschreiben) erfüllen. Die Restkategorien sind möglichst klein zu halten (Beller, 2008). Der Vergleich zwischen Experimentalansatz und Kontrollansatz ist wichtig, da so

Fehlschlüsse vermieden werden und die Wirkung der Testvariablen bestimmt werden kann. Liegt in der Untersuchung kein Kontrollansatz vor, dann dient der Vergleich von Ansätzen zur Identifizierung von ursächlichen Wirkungen (Hamman et al., 2006). Zudem sollte der Vergleich der Daten mit bestehenden Daten anderer Untersuchungen stattfinden (Mayer, 2004). Unterschiede, die zwischen den Daten bestehen, dürfen nicht verschwiegen werden (Gropengießer et al., 2010).

Für die Interpretation werden die unterschiedlichen Daten zusammengeführt und logisch verknüpft, da nur das konvergente Denken schlüssige Interpretationen hervorbringt (Hamman et al., 2006). Die Interpretation ist streng von der Beschreibung und Auswertung der Daten zu trennen (Grube, 2010; Mayer & Ziemek, 2006). Während die Daten und dessen objektive Beschreibung und Auswertung wissenschaftlichen Tatsachen entsprechen, ist die Interpretation spekulativ und hat nur einen vorläufigen Charakter (vgl. Kapitel 2.1.2: [S]). Die Interpretation ist vorläufig, da sie vom Stand des Wissens, dem historischen Kontext und der derzeit bestehenden Theorie abhängt (Mayer & Ziemek, 2006; Grube, 2010). Aus diesem Grund können aus gleichen Daten auch verschiedene Interpretationen gezogen werden. Die Erkenntnisse, die durch den Experimentator gemacht werden, sind nicht unabhängige objektive, sondern intersubjektive Erkenntnisse (Moisl, 1988) (vgl. Kapitel 2.1.2: [SK]). Die gewonnenen Daten des Experiments werden unter vorgegebenen Erklärungen interpretiert. Deskriptive Erklärung führen die Tatsachen auf naheliegende beobachtbare Faktoren zurück (Nahursache). Kausale Erklärung nutzen zugrunde liegende physiologische (chemisch-physikalische) Mechanismen (Nahursache). Evolutive Erklärung begründen die Tatsachen durch ihre evolutive Bedingtheit unter Bezugnahme auf die Geschichte der Biosphäre (Fernursache) (Ohly, 2003). Als Erklärungen werden oftmals auch Beweggründe (bewusste Handlungen) angebracht (Gropengießer et al., 2010) (vgl. Kapitel 2.1.2: [H]). Mögliche vorliegende Zusammenhänge, die sich aus dem Vergleich der Daten ergeben, werden als Korrelation (statistisch) oder Kausalität (Ursache-Wirkungsrelation) gedeutet (Gropengießer & Kattmann, 2010). Aufgrund theoretischer Annahmen kann von einer Korrelation auf eine Kausalität geschlossen werden (Gropengießer et al., 2010). Die eigenen Interpretationen sollten mit anderen Interpretationen zum gleichen Problem, Modell und Theorie verglichen werden (Mayer, 2004). Durch diese sekundären Daten kann die eigene Interpretation gestützt oder verworfen werden (Gott et al., 2010). Da die Interpretation der Daten diskursiv ist, kommt es zum Teil dazu, dass durch verschiedene Interpretationen von verschiedenen Wissenschaftlern eigene Deutungen relativiert und verändert werden müssen (Ohly, 2003). Bei mehreren übereinstimmenden Interpretationen ist die mit der einfachsten Erklärung zu wählen (Mayer & Ziemek, 2006) (vgl. Kapitel 2.1.2: [K]). Abschließend werden die Daten widerspruchsfrei auf die Hypothese bezogen und mit dieser verglichen (Hamman, 2004). Die Interpretation wird genutzt, um die Falsifizierung oder Verifizierung der Hypothese vorzunehmen (Berck et al., 2010; Staeck, 2010; Killermann et al., 2011; Spörhase-Eichmann & Ruppert, 2010) (vgl. Kapitel 2.1.2: [E], [Z], [SZ]). Die Bewertung der Hypothese geschieht unter Verwendung des Hintergrundwissens (Grube, 2010). Bei der Verifizierung handelt es sich um eine vorläufige Aussage mit dem Vorbehalt der Widerlegung (Moisl, 1988; Spörhase-Eichmann & Ruppert, 2010). Die Verifizierung bringt einen Zugewinn an Glaubwürdigkeit (Ohly, 2003) und eine Verfeinerung für die Hypothese, d.h. die folgende Hypothese kann strenger und stärker verallgemeinert formuliert werden (Grube, 2010). Bei der Verifizierung der Hypothese handelt es sich mehr um die Plausibilisierung der Hypothese. Vielfach verifizierte Hypothesen werden zu Theorien zusammengefasst (vgl. Kapitel 2.1.2: Unterscheidung von Theorie und Gesetz

[U]). Die Falsifizierung erlaubt eine sichere Wahrscheinlichkeitsaussage und kann teilweise oder vollständig für die Hypothese gelten (Spörhase-Eichmann & Ruppert, 2010; Hammann et al., 2006). Wiederholte Falsifikationen schließen bestimmte Aspekte aus (Krüger, 2009). Falsifizierte Hypothesen werden meist nicht komplett verworfen, sondern modifiziert (Ohly, 2003) oder die Operationalisierung der Variablen wird überprüft (Sedlmeier & Renkewitz, 2008). Werden die Modifikationen ebenfalls falsifiziert, werden die Hypothesen gänzlich fallengelassen (Gropengießer et al., 2010). Es werden aber nur die Hypothesen falsifiziert, die den objektiven Kriterien genügen (Grube, 2010; Krüger, 2009). Die Falsifizierung führt zur Generierung neuer Hypothesen (Grube, 2010; Krüger, 2009). Es werden Hypothesen somit selektiert oder verworfen (Meisert, 2007; Grube, 2010), wobei zu beachten ist, dass aus einem oder wenigen Experimenten nur ein vorläufiger Schluss gezogen werden kann (Berck et al., 2010; Moisl, 1988) (vgl. Kapitel 2.1.2: [S]).

Bei Datenanalysen werden zudem Methodendiskussionen (Mayer & Ziemek, 2006) sowie Fehleranalysen, von systematischen, zufälligen oder durch äußere Einflüsse bedingten Fehlern vorgenommen (Spörhase-Eichmann & Ruppert, 2010). Die Methodendiskussion und die Fehleranalyse stehen in einem engen Zusammenhang zueinander. Bei der Methodendiskussion wird die Genauigkeit und Vertrauenswürdigkeit des Verfahrens und der Daten, die Erklärungen und die Sicherheit der Interpretation sowie die Fragwürdigkeit wissenschaftlicher Daten beurteilt (Mayer & Ziemek, 2006; Ohly, 2003) (vgl. Kapitel 2.1.2: [S]). Die Versuchsabläufe des Experiments werden bzgl. Gegenständen, Methoden, Bedingungen und Durchführung kritisch reflektiert. Bei verschiedenen Ergebnissen derselben Durchführung werden beispielsweise die Quellen für die unterschiedlichen Resultate diskutiert und ergründet (Gropengießer et al., 2010). Die Betrachtung des Reaktivitätsproblems kann notwendig sein. Dabei wird bedacht, wie viel wirklich entdeckt wurde und wie viel eventuell durch das Experiment selbst erzeugt wurde (Puthz, 1988). Die Überprüfung des Aussagebereichs spielt bei der Methodendiskussion ebenfalls eine wichtige Rolle, da nur so Übertragbarkeiten erkannt und allgemeine Gesetzmäßigkeiten aufgestellt werden können (Killermann et al., 2011). Die Aspekte werden unter dem Einfluss der Fehleranalyse, bei der aufgetretene Fehler und mögliche unentdeckte Fehlerquellen benannt und diskutiert werden, bewertet (Ohly, 2003). Durch das Abwägen der Methodendiskussion und Fehleranalyse wird abschließend über den Gehalt und die Güte des Experiments und dessen Ergebnisse entschieden. Bei einer hohen Güte des Experiments, d.h. wenn die wissenschaftlichen Kriterien im hohen Maße erfüllt sind und die Wahrscheinlichkeitsaussagen mit anerkannten Ideen, dem gesunden Menschenverstand und persönlichen Erfahrungen korrelieren, können die Daten und die Interpretation zur Weiterarbeit genutzt werden und gegebenenfalls eine Generalisierung der Ergebnisse stattfinden (Gott et al., 2010) (vgl. Kapitel 2.1.2: [R]). Um die weitere Verwendung der Ergebnisse in der Wissenschaftlergemeinschaft zu ermöglichen, werden die Daten und Interpretationen in geeigneter Form kommuniziert und öffentlich gemacht, um anschließend diskutiert zu werden (Niebert & Gropengießer, 2006). Mitbestimmend für die weitere Verwendung ist die Relevanz, die Machteinflüsse der Ergebnisse und der Status des Experimentators (Gott et al., 2010). Da sich die Technik und das Wissen weiterentwickelt und verfeinert, sind Überprüfungen früherer Ergebnisse ebenso relevant, wie die Suche nach neuen Erkenntnissen (Klauer, 2005) (vgl. Kapitel 2.1.2: [SK]). Bei schwerwiegenden Fehlern, kann es zur Wiederholung des Experiments unter verbesserten Bedingungen kommen (Gropengießer et al., 2010) oder es werden neue bzw. Anschlussfragestellungen oder neue bzw. Folgeexperimente geplant (Spörhase-Eichmann & Ruppert, 2010; Puthz, 1988).

2.3.6 Defizite bei der Datenanalyse

Beim Datenauswerten führen Schüler isolierte Vergleiche von direkt aufeinanderfolgenden Versuchspaaren bzw. einiger weniger Versuchspaare durch (Hammann et al., 2006). Der Umgang mit diskontinuierlichen Variablen, die aufgrund kleiner Messunterschiede und eventueller Messfehler schwerer zu interpretieren sind als kontinuierliche, bereitet Schülern Schwierigkeiten (Hammann, 2004). Bei abweichenden Ergebnissen werden Glättungen und Anpassungen der Daten vorgenommen (Mayer & Ziemek, 2006) und Abweichungen nicht anerkannt (Hammann et al., 2006). Die statistische Analyse der Daten wird von Schülern unterschätzt (Niebert & Gropengießer, 2006).

Die Interpretation der Daten steht im engen Zusammenhang zum Fachwissen und ist deshalb für Schüler schwer durchzuführen und führt zu einer großen Streuung der Ergebnisse bei den Schülerleistungen (Mayer et al., 2008). Oft werden die Daten abweichend vom Messergebnis dargestellt, nicht existierende Effekte festgestellt oder tatsächliche Effekte nicht beachtet (Grube, 2010). Häufig werden unlogische Schlüsse aus methodisch korrekt geplanten Experimenten oder Kausalitäten ohne Vergleich von Ansätzen gezogen (Hammann et al., 2006). Bei der Interpretation führen Schüler vielfach bereits die Plausibilität einer Theorie als Beweis an oder sie beurteilen die Ergebnisse eines Experiments bereits als Schlussfolgerung (Grube, 2010). Zu beobachten ist zudem, dass die Interpretationen durch Eingangsüberzeugungen gelenkt werden, d.h. inhaltliche Überzeugungen beeinflussen die Interpretation der Versuchsergebnisse, insbesondere wenn die experimentell gewonnenen Daten nicht mit anfänglichen Überzeugungen übereinstimmen (Hammann et al., 2006). Die Datenanalyse erfolgt so, dass die Eingangshypothesen bestätigt werden, auch wenn eine Verwerfung oder Abänderung der Hypothese aufgrund der Beweislast oder einer lückenhaften Beweislage notwendig wäre. Bestätigenden Daten wird mehr Gewicht beigemessen als Befunden, die der Eingangshypothese widersprechen. Einzelne Belege werden in der Interpretation überbewertet oder es werden zahlreiche Gründe zur Verteidigung der Eingangshypothese aufgeführt. Schüler neigen hier beispielsweise dazu, unerwartete Befunde als methodische Fehler im Experiment (Grube, 2010), missglückte Versuche oder nicht mögliche eindeutige Aussagen aufgrund der vorliegenden Datenlage zu deuten. Mit anschließenden Experimenten versuchen sie, bestätigende Daten zu erlangen. Schüler sind bestrebt die aufgestellten Hypothesen, die aus starken inhaltlichen Überzeugungen entstanden sind und sich im alltäglichen Leben bewährt haben, weiter zu bestätigen. Aus diesem Grund werden unerwartete, widersprüchliche Ergebnisse oftmals auch ignoriert oder umgedeutet. Die experimentellen Daten werden als Mittel der Bestätigung von Hypothesen angesehen und nicht als Möglichkeit der Hypothesenwiderlegung (Hammann et al., 2006). Die Hypothesenrevision ist für Schüler anspruchsvoll (Hammann, 2004). Liegen bereits Alternativen zur ursprünglichen Hypothese vor, sind die Schüler eher dazu bereit, ihre Hypothese zurückzuweisen, als wenn keine Alternativhypothesen angeboten werden. Zudem formulieren Schüler eher neue Hypothesen, wenn die Datenlage ihre Eingangshypothese stützt (Grube, 2010). Bei der Suche nach neuen Hypothesen ist eine starke Eingrenzung zu bemerken. Die neuen Hypothesen gelten nur für einen Teil der Ergebnisse und es werden nicht alle potenziellen Hypothesen in Betracht gezogen, sondern nur die offensichtlichen (Hammann et al., 2006). Zum Teil wechseln die Schüler aber auch Hypothesen, obwohl die Daten diese bestätigten. Bei der Deutung werden häufig nicht alle möglichen Hypothesen in Betracht gezogen (Hammann, 2004).

2.4 Experimentelles Wissenschaftsverständnis und Defizite des Wissenschaftsverständnisses

Das Wissenschaftsverständnis beim Experimentieren beinhaltet die Dimensionen des allgemeinen Wissenschaftsverständnisses (vgl. Kapitel 2.1.2). Diese Aspekte treten bei der Hypothesenbildung, der Experimentplanung und der Datenanalyse zu unterschiedlichen Teilen auf (vgl. Kapitel 2.3.1, 2.3.3, 2.3.5). Im Anhang sind Items des experimentellen Verständnisses den Dimensionen des allgemeinen Wissenschaftsverständnisses zugeordnet (vgl. Anhang A.1).

Die Hypothesenbildung, Experimentplanung und Datenanalyse muss verstanden werden, wenn Schüler wissenschaftliche Beweise verstehen sollen. Hierbei geht es nicht darum, alles zu verstehen, aber gewisse Grundpfeiler der einzelnen Wissenschaftsverständnisdimensionen sind entscheidend (Gott et al., 2010). Schüler entwickeln individuelle subjektive Vorstellungen über Struktur und Entstehung von Wissen aus lebensweltlichen Sichtweisen (Bardy-Durchhalter & Radits, 2010). Zu Beginn haben die Schüler meist ein dualistisches Verständnis von Wissen, welches durch „Wahr-Oder-Falsch“-Aussagen charakterisiert werden kann und eine Überzeugung der absoluten Wahrheit besteht (absolutistische Auffassung). Anschließend ergibt sich ein Multiplicity-Verständnis, bei dem mehrere Standpunkte erkannt und zugelassen werden und die prinzipielle Unsicherheit von Wissen akzeptiert wird (relativistische Auffassung). Als letztes ist die relative Bewertung erkannter Standpunkte zu nennen. Hierbei erfolgt die Einsicht, dass bestimmte Ansätze in bestimmten Situationen besser geeignet sind, um Probleme zu lösen. Personen entwickeln die Fähigkeit, innerhalb konkurrierender Standpunkte, eine eigene Position einzunehmen und zu begründen (moderat relativistische Auffassung) (Priemer, 2006).

Die Schülervorstellungen über die experimentelle Methode weichen meist von den naturwissenschaftlichen Vorstellungen ab (Hammann et al., 2006). Die Schwierigkeiten im Umgang mit anspruchsvollen Aufgaben, die mehr ein konzeptuelles Verständnis als reproduzierbares Routinewissen voraussetzen, weisen Defizite im Bereich des Wissenschaftsverständnis und der Anwendung des Wissens auf (Mayer, 2004). Bei höheren domänenspezifischen Selbstkonzepten der Biologie zeigt sich häufiger ein angemesseneres Wissenschaftsverständnis (Kremer et al., 2007a). Die Schüler haben hier die Vorstellung, dass Wissen komplex strukturiert, vorläufig und durch eigene Untersuchungen und Schlussfolgerungen zu generieren ist. Ein reiferes Wissenschaftsverständnis korreliert mit einer höheren Leistungsmotivation und dem Nutzen tiefgehender Lösungsstrategien (Urhahne, 2007). Je mehr das domänenspezifische Wissen der Lernenden wächst, desto realistischer wird ihr Wissenschaftsverständnis. Häufiger haben Schüler aber eine naive (naturalistische) Sichtweise auf die Naturwissenschaften und deren Forschungsprozesse (Vorst, 2007), die vor allem durch Idealisierung der Prozesse im Unterricht entsteht (Hofheinz, 2008). Es besteht meist kein Verständnis für den zyklischen Prozess und die dazugehörigen Denk- und Arbeitsweisen (Vorst, 2007) sowie den kumulativen Charakter des Erkenntnisgewinns. Vor allem jüngere Schüler schätzen den Forschungsprozess häufig wenig differenziert ein. Die meisten Schüler verbinden das Ziel von Naturwissenschaft zwar mit dem Herausfinden von etwas, die Zielrichtung können sie aber nicht weiter spezifizieren. Biologische Erkenntnisgewinnung wird mit Experimenten, Beobachtungen oder Untersuchungen in Verbindung gebracht, die dem gewissenhaften Sammeln von Daten und Informationen dienen. Warum die Daten gesammelt werden und warum welche Experimente genutzt werden, wird von Schülern nicht thematisiert und somit die

Theoriebezüge nicht erkannt. Die Schüler haben ein naives Verständnis, da sie davon ausgehen, dass durch bloßes sorgfältiges Beobachten Erkenntnisse gewonnen werden (Bardy-Durchhalter & Radits, 2010). Die naturwissenschaftliche Arbeit wird von ihnen als reine Aktivität (aktionales Wissenschaftsverständnis), in dem die Handlungen losgelöst von einer dahinter stehenden Idee sind, verstanden. Das Experiment steht für sich und ist nicht in einen Theorie-Evidenz-Zusammenhang eingebettet. Die Ergebnisse werden als Erfolgs- oder Misserfolgsindikatoren gesehen und es wird nicht erkannt, dass ein Experiment auch scheitern kann (Hellmich & Höntges, 2010). Fakten sammeln und die Erfindung von Alltagsproblem lösenden, weltverbessernden Dingen stehen im Vordergrund (Bardy-Durchhalter & Radits, 2010). Die Schüler gehen davon aus, dass bereits mit einem geringen instrumentellen Aufwand Dinge zweifelsfrei festgestellt werden können (Höttecke, 2008). Das Wissen erscheint den Schülern einfach strukturiert, sicher und durch Sammlung von Autoritäten generiert (Urhahne, 2007). Die Kennzeichen der Forschung sind für Schüler weiße Mäntel oder Forschungsinstrumente und nur autorisierte Personen, die Forschung durchführen (Bardy-Durchhalter & Radits, 2010). Zudem sind die Informationen oder Entdeckungen von Wissenschaftlern leicht aus der Umwelt abzulesen. Die Vorstellung der Schüler mit naive Verständnis besteht darin, dass eine Ingenieurwissenschaft besteht, bei der grundlegende Prozesse und Gesetzmäßigkeiten keine Rolle spielen und vielmehr das Funktionieren oder Nicht-Funktionieren bedeutend ist (Vorst, 2007). Schüler unterscheiden nicht zwischen Wissenschaft und Technologie.

Studierende wissen mehr über Experimente und glauben stärker an die Entwicklung und Unsicherheit des Wissens als Neuntklässler (Urhahne, 2007). Bei der Sicherheit des Wissens haben Schüler zum Teil die Vorstellung, dass die Experimente universell gültige Aussagen sowie gesichertes Wissen liefern. Trotzdem ist nach Meinung einiger Schüler die Revision der Aussagen und des Wissens möglich. Dieser Widerspruch von Sicherheit und Revision weist auf eine Hybridvorstellung hin (Hofheinz, 2008). Schüler, die die Unsicherheit des Wissens erkennen, setzen verstärkt kognitiv anspruchsvolle Lernstrategien ein, während Schüler, die von gesicherten Erkenntnissen ausgehen, Fachinhalte auswendig lernen (Bardy-Durchhalter & Radits, 2010). Die Dimensionen Komplexität und Kreativität sind meist nur gering bei den Schülern ausgebildet (Kremer, Urhahne, & Mayer, 2007b). Die sozialen und kulturellen Einflüsse werden von Schülern meist nur dann in Betracht gezogen, wenn die Erkenntnis für den Alltag relevant ist oder eine potenzielle Gefahr darstellt. Persönliches und aus dem Alltag Bekanntes wird nicht mit Forschung in Verbindung gebracht (Bardy-Durchhalter & Radits, 2010).

3 Forschungsfragen

Die Kenntnisse und Fertigkeiten im Umgang mit naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung gelten als Kernkompetenz naturwissenschaftlicher Grundbildung (vgl. Kapitel 2.1). Um die Kompetenz der „Erkenntnisgewinnung“ ertragreich fördern zu können und somit zur Unterrichtsentwicklung beizutragen, ist das Erfassen des Kenntnisstandes von Schülern zum wissenschaftlichen Denken und Wissenschaftsverständnis wichtig. Die Beschreibung und Analyse des wissenschaftlichen Denkens und des Wissenschaftsverständnisses im Bereich des Experimentierens liegt im Fokus dieser wissenschaftlichen Hausarbeit. Das Experimen-

tieren wurde ausgewählt, da es eine grundlegende Erkenntnismethode in der Biologie ist und zur Erkenntnisgewinnung beiträgt (vgl. Kapitel 2.3).

Vor diesem Hintergrund ist das Ziel der vorliegenden wissenschaftlichen Hausarbeit, zentrale Charakteristika beim wissenschaftlichen Denken und Vorstellungen beim Wissenschaftsverständnis bzgl. des Experimentierens bei Schülern herauszuarbeiten sowie explorativ zu beschreiben, ob Zusammenhänge zwischen den Kompetenzkonstrukten bei Schülern bestehen. Das wissenschaftliche Denken und Wissenschaftsverständnis in dieser wissenschaftlichen Hausarbeit bezieht sich auf die Bereiche der Hypothesenbildung, Experimentplanung und Datenanalyse beim Experimentieren.

Im Rahmen der wissenschaftlichen Hausarbeit werden bestehende kontextspezifische Diagnoseaufgaben zum Bereich Experimentieren eingesetzt. Die Diagnoseaufgaben sollen in größer angelegten Studien der Generierung von Schülerantworten zum wissenschaftlichen Denken dienen. Durch das laute Denken der Schüler bei der Bearbeitung der Diagnoseaufgaben, werden neben den schriftlichen Lösungen auch die laut ausgesprochenen Gedanken der Schüler erfasst. Die eingesetzten Diagnoseaufgaben werden mit Hilfe der wissenschaftlichen Hausarbeit validiert. Auf der Grundlage der Charakteristika des wissenschaftlichen Denkens im Bereich des Experimentierens sollen dahinterstehende Kerndimensionen des Wissenschaftsverständnisses der Schüler erhoben werden. Dies soll der explorativen Untersuchung dienen, ob ein Zusammenhang zwischen dem wissenschaftlichen Denken und dem Wissenschaftsverständnis im Bereich des Experimentierens besteht.

Folgende spezifizierte Fragestellungen sollen mit Hilfe der wissenschaftlichen Hausarbeit beantwortet werden und der Generierung von Hypothesen dienen:

- Welche Charakteristika können beim wissenschaftlichen Denken im Bereich des Experimentierens bzgl. der Hypothesenbildung, Experimentplanung und Datenanalyse mit Hilfe von Diagnoseaufgaben bei Schülern generiert werden?
 - Welche Charakteristika der Teilkompetenzen des Experimentierens halten Schüler in einer schriftlichen Lösung fest?
 - Welche Charakteristika der Teilkompetenzen des Experimentierens werden beim lauten Denken von Schülern formuliert?
- Welche Vorstellungen haben Schüler zu den Kerndimensionen des Wissenschaftsverständnisses für die Charakteristika des wissenschaftlichen Denkens im Bereich der Hypothesenbildung, Experimentplanung und Datenanalyse beim Experimentieren?
- Gibt es Unterschiede im wissenschaftlichen Denken und Wissenschaftsverständnis im Bereich des Experimentierens bei den untersuchten Schülern?

4 Methodologie

4.1 Qualitative Forschung

Bei der qualitativen Forschung können behandelte Probleme in ihrer Komplexität erfasst und beschrieben werden. Die Nähe zur Lebenswelt und zu Alltagsvorstellungen bildet den Mittelpunkt (Flick, Kardorff & Steinke, 2010). In der vorliegenden wissenschaftlichen Hausarbeit geht es um die komplexe Erfassung der Schülervorstellungen zum wissenschaftlichen Denken und dem Wissenschaftsverständnis beim Experimentieren mit Bezug auf lebensweltna-

he Phänomene (vgl. Kapitel 3). Die qualitative Forschung bildet den Forschungsansatz der Hausarbeit, da die Offenheit und Flexibilität des qualitativen Verfahrens ermöglicht, frei und explorativ die Kompetenzen zu erfassen und Hypothesen zu generieren (Winter, 2000). Neue Sachverhalte und Ergebnisse können gegebenenfalls mittels dieser Untersuchungsanlage entdeckt werden.

Qualitative Interviews, Gruppendiskussionen oder qualitative Beobachtungen können im Bereich der qualitativen Forschung durchgeführt werden (Winter, 2000). In der wissenschaftlichen Hausarbeit wird die qualitative Beobachtung und das qualitative Interview zur Datenerhebung und Erforschung der Bereiche wissenschaftlichen Denkens und des Wissenschaftsverständnisses beim Experimentieren genutzt (vgl. Tab. 1).

Tabelle 1: Forschungsansatz der wissenschaftlichen Hausarbeit

Forschungsperspektive	Zugänge zu subjektiven Sichtweisen und Analyse tiefer liegender Strukturen	
<i>Methode der Datenerhebung</i>	Qualitative Beobachtung	Qualitatives Interview
<i>Theoretische Anbindung an Erkenntnisgewinnung</i>	Wissenschaftliches Denken	Wissenschaftsverständnis
<i>Erhebungsinstrument</i>	Diagnoseaufgaben zur Hypothesenbildung, Experimentplanung, Datenanalyse	Leitfadeninterview zur Hypothesenbildung, Experimentplanung, Datenanalyse
<i>Methoden der Interpretation</i>	Theoretisches Codieren, Qualitative Inhaltsanalyse	Theoretisches Codieren, Qualitative Inhaltsanalyse

Die zwei Methoden können umfassende Informationen liefern und zu einem differenzierten Bild über die individuellen Kompetenzen der „Erkenntnisgewinnung“ beitragen. Bei der qualitativen Beobachtung werden Schülerpaare beim Lösen von Diagnoseaufgaben zum wissenschaftlichen Denken in den Bereichen Hypothesenbildung, Experimentplanung und Datenanalyse beobachtet. Bei dem qualitativen Interview wird ein Schüler zum experimentellen Wissenschaftsverständnis mit Hilfe eines Leitfadeninterviews zum vorherigen Lösungsprozess der Diagnoseaufgaben befragt. Durch die qualitative Erhebung können mögliche Ursachen für das Verhalten beim Experimentieren besser nachvollzogen und verstanden werden, womit eine hohe Inhaltsvalidität erreicht wird (Winter, 2000).

Ziel der qualitativen Methode ist die Beschreibung, Kategorisierung und Interpretation von Zusammenhängen sowie die Aufstellung von Klassifikationen und Typologien (Winter, 2000). Die Datenauswertung der Kommunikations- und Interaktionssequenzen, die durch Videographie festgehalten werden, und die Auswertung der schriftlichen Ergebnisse der Schüler werden in Anlehnung an die theoretische Codierung und die qualitative Inhaltsanalyse vorgenommen (Flick et al., 2010). Eine quantitative Analyse wird nicht vorgenommen, da sie nicht erlaubt, differenzierte Einblicke in die kognitiven Denkprozesse der Schüler, während der Lösungskonstruktion zu erlangen. Die Videographie dient der Systematisierung und Reliabilität der Methode.

In der wissenschaftlichen Hausarbeit wird die Fallanalyse einzelner Schüler vorgenommen, um einen Einblick in die Vorstellungen von Schülern zum wissenschaftlichen Denken und Wissenschaftsverständnis im Bereich des Experimentierens zu erhalten sowie explorativ mögliche Zusammenhänge der Kompetenzkonstrukte bei den Schülern zu erkennen. Die

Daten über die Schüler werden als Ganzes genau und dicht beschrieben und nicht isoliert interpretiert, um komplexe Zusammenhänge zu verstehen (Flick et al., 2010).

4.2 Lautes Denken

4.2.1 Grundlagen des lauten Denkens

Das laute Denken wird verwendet, um Erkenntnisse in einem Bereich, wie dem Problemlöseprozess, der sehr komplex und zum Teil nicht beobachtbar ist, zu erfassen. Bei der Methode äußern Versuchspersonen ihre Gedanken laut. Das laute Denken erfolgt immer parallel zu einer Primäraufgabe, wie zum Beispiel einer Denkaufgabe. Die Primäraufgabe steht im Mittelpunkt und die Verbalisierung erfolgt nebenher (Paus-Haase & Schorb, 2000). Dies ermöglicht den Einblick in mentale Prozesse und das Problemlöseverhalten einer Versuchsperson (Frommann, 2005) und Aspekte, die das Handeln beeinflussen (Paus-Haase & Schorb, 2000). Kritikpunkt hierbei ist, dass die Verbalisierungen eventuell den Problemlöseprozess beeinflussen kann. Um dies zu vermeiden, müssen Versuchspersonen aufgefordert werden lediglich laut zu denken und nicht zu reflektieren. Wird nur das laute Denken gefordert, wird die Lösungsgeschwindigkeit, aber nicht der Lösungsweg beeinflusst (Bise, 2008).

Die Untersuchungen mit der Methode des lauten Denkens streben neue Erkenntnisse an, weshalb die Untersuchungen meist sehr offen gehalten werden. Das laute Denken ist zum Teil für Versuchspersonen schwierig, da oft hochautomatisierte Prozesse schnell ablaufen und diese Prozesse dem Bewusstsein nicht zugänglich sind, weshalb die Versprachlichung schwer fällt. Der Einsatz der Methode bietet sich deshalb vor allem bei neuen und schwierigeren Aufgaben an, da bei diesen Aufgaben komplexe Problemlöseprozesse stattfinden und weniger automatisierte Prozesse ablaufen. Trotzdem können nicht alle kognitiven Abläufe erfasst werden, da nicht alles Gedachte in Worte gefasst werden kann (Bise, 2008). Bei Untersuchungen mit lautem Denken genügen bereits wenige Versuchspersonen (ca. fünf), um ausreichend Informationen zu erhalten (Frommann, 2005). Der Versuchsleiter begleitet die Untersuchung mit einer ausreichenden Distanz, um keinen Einfluss auf den Problemlöseprozess zu nehmen. Durch Videomitschnitte können die gesprochenen Gedanken festgehalten und später transkribiert und ausgewertet werden.

„Im direkten Anschluss an die Versuchsdurchführung, wenn die Eindrücke noch unmittelbar sind, werden die Probanden nach einem einheitlichen Leitfaden befragt. Dabei werden Aspekte angesprochen, zu denen die Versuchspersonen zuvor keine Aussagen getroffen haben. Ziel dieser Befragung ist es, vergleichbare Aussagen zu ausgewählten Themenfeldern zu gewinnen. Hierdurch kann auch bei der späteren Auswertung des Datenmaterials auf miteinander vergleichbare Ergebnisse zurückgegriffen werden.“ (Frommann, 2005, S. 1).

Die anschließende Befragung wird durch den Einsatz von Videomitschnitten des vorherigen Lösungsprozesses der Primäraufgabe unterstützt. Indem die Videomitschnitte abgespielt werden, kann ein Großteil der abgelaufenen Prozesse während der Lösung der Primäraufgabe ins Gedächtnis gerufen werden. Die Methode des anschließenden Interviews über die vorherigen Denkprozesse wird nachträglich lautes Denken genannt. Hierbei geht es nicht darum, nachträglich über etwas nachzudenken, sondern die vorherigen Denkprozesse zu rekonstruieren und dabei vor allem Handlungspläne und Handlungsstrategien zu untersu-

chen und zu erklären (Weidle & Wagner, 1982). Beim Interview werden vorwiegend offene Fragen verwendet, um die Versuchsperson zum Reden anzuregen (Frommann, 2005). Hauptsächlich interessiert die Frage, was der Versuchsperson durch den Kopf gegangen ist. Problem dabei ist die zeitliche Verschiebung des tatsächlichen Denkprozesses und der Rekonstruktion im Interview.

Die Methode des lauten Denkens und des nachträglichen lauten Denkens kann eine Fülle von aufschlussreichen Daten und Erkenntnisse über das wissenschaftliche Denken und das Wissenschaftsverständnis im Bereich des Experimentierens erbringen. Handlungsleitende Kognitionen können durch die Externalisierungen sichtbar gemacht werden (Paus-Haase & Schorb, 2000). Bei der Auswertung der verbalen Daten können Schlussfolgerungen gezogen werden (Knoblich & Öllinger, 2006).

4.2.2 Anwendung des lauten Denkens

Als grundlegende Methode, um qualitative Daten zum wissenschaftlichen Denken und Wissenschaftsverständnis im Kontext des Experimentierens von Schülern zu erhalten, wird das laute Denken und das nachträgliche laute Denken genutzt. Die Kompetenzen mit Hilfe dieser Methode zu erheben, wurde bislang nur wenig in Untersuchungen im Bereich der Naturwissenschaften eingesetzt. Im Folgenden soll deshalb die Durchführung der Studie detailliert veranschaulicht und der Nutzen der Methode aufgezeigt werden.

Mit Hilfe des lauten Denkens und des nachträglichen lauten Denkens sollen Charakteristika des wissenschaftlichen Denkens und des Wissenschaftsverständnisses im Bereich des Experimentierens sowie mögliche Zusammenhänge der Kompetenzkonstrukte bei Schülern qualitativ unter Nutzung verschiedener Erhebungsinstrumente erfasst werden (vgl. Kapitel 3).

Grundlegend besteht die Studie aus zwei Teilen. Der erste Teil besteht in der Bearbeitung von Diagnoseaufgaben durch Schülerpaare. Dies dient der Generierung, welche Charakteristika beim wissenschaftlichen Denken im Bereich des Experimentierens bzgl. der Hypothesenbildung, Experimentplanung und Datenanalyse mit Hilfe der Diagnoseaufgaben von Schülern im Zusammenhang des lauten Denkens und der schriftlichen Fixierung einbezogen werden (vgl. Kapitel 3). Der zweite Teil besteht in der Durchführung eines Interviews mit einem Schüler. Dies dient der Generierung, welche Vorstellungen Schüler zu den Kerndimensionen des Wissenschaftsverständnisses für die Charakteristika des wissenschaftlichen Denkens im Bereich der Hypothesenbildung, Experimentplanung und Datenanalyse beim Experimentieren haben (vgl. Kapitel 3).

Bei der Durchführung der Studie wird auf ein Testheft (vgl. A.3) für die Schüler und ein Testleitungsskript (vgl. A.2) für den Versuchsleiter zurückgegriffen. Das Testheft enthält Primäraufgaben (vgl. Kapitel 4.2.1) im Sinne von Diagnoseaufgaben zur Erkenntnisgewinnung im Bereich des Experimentierens. Das Testleitungsskript enthält die Abfolge der einzelnen Schritte der Studie, standardisierte Einführungstexte in die Bearbeitung der Diagnoseaufgaben und das Interview sowie eine Liste benötigter Materialien. Außerdem steht dem Versuchsleiter ein Leitfadeninterview (vgl. A.4) zur Verfügung. Die gesamte Studie wird gefilmt, damit die Kommunikations- und Interaktionssequenzen für die Datenauswertung zur Verfügung stehen (vgl. Kapitel 4.2.1). Die Videographie kann dazu führen, dass sich Schüler anders verhalten als im Normalfall. Da den Schülern aber erklärt wird, dass es nur um die Tonaufzeichnung geht, wird davon ausgegangen, dass damit die Verzerrung des Verhaltens

minimiert wird. Außerdem kann die Länge der Videographie zum Vergessen der Unnatürlichkeit der Situation beitragen. Da minderjährige Schüler gefilmt wurden, wurde das Einverständnis der Eltern eingeholt.

Zu Beginn der Testung wird den Schülern ein standardisierter Einführungstext durch den Versuchsleiter vorgetragen (vgl. A.2). Der Einführungstext dient dazu konstante Ausgangsbedingungen vor der Durchführung der Studie zu schaffen. In dem Einführungstext werden Informationen über die zwei Teile der Studie gegeben. Diese Angaben geben den Schülern eine Orientierung über ihre Rolle in der Studie. Hierbei wird zudem angegeben, dass die Auswahl des zu interviewenden Schülers für den zweiten Teil der Studie zufällig getroffen wird. Dies wird vorgenommen, um keine Beeinflussung des ersten Teils durch beispielsweise Motivationsverluste zu erhalten. Die Schüler erhielten im Einführungstext keine einschränkenden Vorgaben, so dass davon ausgegangen werden kann, dass wahre und vollständige Informationen über die subjektive Sicht der Versuchsperson erhalten werden (vgl. Kapitel 4.2.1).

Der erste Teil der Studie beinhaltet ein Set aus drei Diagnoseaufgaben (vgl. A.3), das Schülerpaaren zum Bearbeiten angeboten wird. Durch die qualitative Beobachtung des Lösungsprozesses der Diagnoseaufgaben durch die Schüler werden die Daten für die spätere Auswertung erhalten (vgl. Kapitel 4.1). Die Diagnoseaufgaben dienen vor allem der Rekonstruktion der individuell erfassten Charakteristika des wissenschaftlichen Denkens mit den thematischen Bezügen Hypothesenbildung, Experimentplanung und Datenanalyse. Bevor die Schülerpaare die Aufgaben lösen, wird ein standardisierter Text zur Bearbeitung der Diagnoseaufgaben vom Versuchsleiter vorgetragen (vgl. A.2). Dabei werden die Schüler motiviert, die Diagnoseaufgaben möglichst gut gemeinsam zu lösen und ihre Gedanken laut zu äußern. Die Aufforderung zum lauten Äußern der Gedanken geht auf die Methode des lauten Denkens zurück. Die Schüler sollen ihre Gedanken während des Lösungsprozesses verbalisieren, damit ihr Partner weiß, worüber sie gerade nachdenken. Die Methode des lauten Denkens wird genutzt, um die Zusammenarbeit zwischen den Schülern zu optimieren und verbale Aussagen zu den schriftlichen Daten zu erlangen (vgl. Kapitel 4.2.1). Um die Verbalisierungen nicht unnatürlich zu erzeugen, wurden Schülerpaare statt einzelner Schüler ausgewählt, die Diagnoseaufgaben zu bearbeiten, da die Kommunikation zwischen den Schülern beim Lösen der Primäraufgaben automatisch stattfindet. Durch das verschiedene Wissen und Problemlöseverhalten der einzelnen Schüler können eventuelle Motivationsverluste oder mangelhafte Koordination beim kooperativen Lösen der Aufgaben auftreten. Bei der Wahl der Partnerarbeit ist zu bedenken, dass Kommunikations- und Führungsstrukturen, Interaktionsmuster sowie das Gruppenklima den Lösungsprozess beeinflussen können. Trotz der Faktoren werden bei Problemlöseleistungen in Gruppen bessere Ergebnisse erzielt als bei Einzelpersonen (Mayer, 2007). Aufgrund der Komplexität der Diagnoseaufgaben ist zudem ein Austausch mit einer weiteren Person hilfreich. Durch die freiwillige Zusammenarbeit der Schülerpaare kann von einem guten Arbeitsklima unter den Schülern und einer Motivation seitens der Schüler ausgegangen werden. Der Wissenskontext der Schüler zum Prozess der Erkenntnisgewinnung beeinflusst die Ausprägung und die Komplexität der Beiträge des einzelnen Schülers sowie die Gesamtleistung der Gruppe. Eine alternative Erhebungsmethode wäre, einen Schüler aufzufordern, den Lösungsprozess während der Aufgabenbearbeitung durch das laute Denken zu verbalisieren. Das laute Denken entspricht jedoch nicht dem gewohnten Lösungsverhalten und könnte daher unvorhersehbare Einflüsse

hervorrufen. Eine stille Bearbeitung der Diagnoseaufgabe durch einzelne Schüler würde hingegen nur wenige Anhaltspunkte für die Analyse des Lösungsprozesses liefern, da nur die aufgeschriebene Lösung zur Verfügung stünde. Während der Bearbeitung distanziert sich der Versuchsleiter und fordert nicht zum lauten Denken während der Problemlösung auf, da die Prozesse nicht gestört werden sollen. Zudem kann im folgenden Interview eine gezielte Nachfrage stattfinden.

Nach dem Lösen der drei Diagnoseaufgaben zur Erkenntnisgewinnung und einer kurzen Pause folgt der zweite Teil der Studie. Dabei handelt es sich um die Durchführung eines qualitativen Interviews mit einem der beiden Schüler (vgl. Kapitel 4.1). Durch den geringen Abstand von Interview und Aufgabenbearbeitung wird die zwischenzeitliche Verzerrung minimiert. Für das Interview wurde jeweils derjenige Schüler ausgewählt, der bei der Aufgabenbearbeitung die Schwierigkeiten in stärkerem Maße verbalisiert hat. Dadurch soll der Zugang zu den Denkprozessen des ausgewählten Schülers erleichtert werden. Vor Beginn des Interviews wird ein standardisierter Text vorgelesen, der den Schüler auf das kommende Interview vorbereitet (vgl. A.2). Beim Interview werden Videosequenzen des Lösungsprozesses der Diagnoseaufgaben des Schülerpaares abgespielt und bei wichtigen Handlungsschritten des Lösungsprozesses gestoppt. Dies ermöglicht, dass sich der Schüler und der Versuchsleiter an das Geschehen erinnern und der Versuchsleiter das Vorgehen und dessen Gründe konkret hinterfragen kann. Als Unterstützung der Interviewdurchführung steht dem Versuchsleiter ein Leitfadeninterview zur Verfügung. Bei dem Leitfadeninterview handelt es sich um kein standardisiertes Verfahren, da die Reihenfolge und die Gestaltung der Fragen flexibel bei jedem Schüler vorgenommen werden (Winter, 2000). Mit dieser Durchführungsweise des qualitativen Interviews wurde mit der Methode des nachträglichen lauten Denkens interviewt (vgl. Kapitel 4.2.1). Die Verwendung der Methode des nachträglichen lauten Denkens für das vorherige Vorgehen im Lösungsprozess der Diagnoseaufgaben erlaubt es, Hintergründe des Lösungsprozesses zu erfragen und Denkstrukturen zu erfassen. Hierbei werden die Vorstellungen der Schüler zu den Kerndimensionen des Wissenschaftsverständnisses für die Charakteristika des wissenschaftlichen Denkens beim Experimentieren in Bezug zum Lösungsprozess der Diagnoseaufgaben erfasst (vgl. Kapitel 3). Abweichungen der Schülererklärungen vom tatsächlichen Verhalten werden dadurch vermieden, dass begleitend die Videoaufnahmen abgespielt werden und so die Verzerrung aufgrund des zwischenzeitlichen Geschehens minimiert. Handlungen oder Äußerungen des Schülers, die während der Aufgabenbearbeitung nicht selbsterklärend sind, werden durch das Anhalten der Aufnahme und die Bitte um eine Erläuterung nachvollzogen. Ein Vorteil des nachträglichen lauten Denkens bei Schülerpaaren ist, dass diese Methode auf der Basis des tatsächlich auf dem Videoband fixierten Materials angewandt wird und zugleich kognitive Denkprozesse während der Aufgabenbearbeitung nicht stört.

4.3 Stichprobe

Die Studie wird mit zwei Schülerpaaren im Rahmen der wissenschaftlichen Hausarbeit durchgeführt. Wegen dem explorativen Vorgehen und der detaillierten Untersuchung von Charakteristika zum wissenschaftlichen Denken und Vorstellungen der Schüler zu den Kerndimensionen des Wissenschaftsverständnisses für die Charakteristika des wissenschaftlichen Denkens im Bereich des Experimentierens ist die Konzentration auf wenige Fälle ausreichend. Die kleine Stichprobe wurde zudem gewählt, da es sich bei der Studie um

eine sehr zeitaufwendige Methode handelt, die im Zusammenhang mit der wissenschaftlichen Hausarbeit nicht größer gestaltet werden kann, da die Schülervorstellungen transkribiert, kategorisiert, systematisiert und interpretiert werden müssen.

Die Auswahl der Schüler beruht auf der freiwilligen Teilnahme. Vor Beginn der Studie hatten sich zwei Schülerpaare einer zehnten gymnasialen Klasse einer Gesamtschule bereit erklärt teilzunehmen. Der zehnte Jahrgang wurde ausgewählt, weil in diesem Jahrgang Schüler das wissenschaftliche Denken und das Wissenschaftsverständnis normativ gesehen im umfassenden Maß besitzen müssten. Die Homogenität des Samplings in der Auswahl der Schüler aus einem Jahrgang und einer Klasse wurde gewählt, um die Ausgangsbedingungen gleich zu halten. Die zwei Schülerpaare, von denen die Lösungsprozesse analysiert wurden, besitzen gute Fähigkeitsniveaus. Das Fähigkeitsniveau der Schüler wird über die Zugehörigkeit zur Schulform und der Biologienote (eins bzw. zwei) eingeschätzt. Bei den Schülerpaaren handelt es sich ausschließlich um weibliche Teilnehmerinnen. Für die Untersuchung der Kompetenzkonstrukte des wissenschaftlichen Denkens und des Wissenschaftsverständnis von lediglich Schülerinnen mit einem guten Fähigkeitsspektrum besteht die Möglichkeit, die Ergebnisse homogener Gruppen direkt miteinander zu vergleichen. Da es sich um eine qualitative Untersuchung handelt, benötigt das Schüler-Sampling nicht den Anspruch auf Repräsentativität. Der kleine homogene Umfang soll Aufschluss über die Kompetenzen von Schülerinnen im Bereich des wissenschaftlichen Denkens und des Wissenschaftsverständnisses bzgl. des Experimentierens geben. Das Ziel der Studie ist nicht die Generalisierung der Ergebnisse, was durch die kleine Stichprobe und die nicht repräsentativen Daten ohnehin nicht möglich wäre, sondern die Hypothesenbildung.

4.4 Probleme der Erhebung von Kompetenzen im Bereich des Experimentierens

Eine Möglichkeit der Erfassung von Kompetenzen im Bereich des Experimentierens ist über schriftliche Tests oder Interviews. Die Operationalisierung des wissenschaftlichen Denkens als schriftlicher Test und das Wissenschaftsverständnis als Interview (vgl. Kapitel 4.1) erscheint problematisch, da damit keine manuelle Handlung erfasst werden können. Daraus ergibt sich, dass die Studie nur einen Bezug zu kognitiv orientierten Strukturierung der experimentellen Abläufe des wissenschaftlichen Denkens und des Wissenschaftsverständnisses legen kann. Der methodische Zugang muss darin bestehen, die Vorgehensweisen von Schülern bei der Lösung von Problemen mit naturwissenschaftlichen Kontexten zum Experimentieren zu untersuchen und das Wissenschaftsverständnis zu erfassen.

Der schriftliche Test, welcher mittels Diagnoseaufgaben realisiert wird, muss die zentralen Teilkompetenzen des Experimentierens beinhalten (vgl. Kapitel 2.3). Die Diagnoseaufgaben müssen im Bereich der Hypothesenbildung verschiedene veränderbare Parameter besitzen aus denen plausible und weniger plausible Hypothesen gebildet werden können. Im Bereich der Experimentplanung muss ein Experiment geplant werden können, indem resultierende Veränderungen beobachtbar sind und in der Datenanalyse müssen Daten vorliegen, bei denen Ursache-Wirkungsrelationen abgeleitet werden können. Die zu lösenden Phänomene in den Aufgaben müssen zudem eine gewisse Komplexität besitzen (Hammann, 2007). Die Erfassung der Kompetenzen zum Wissenschaftsverständnis mittels des Interviews muss Freiraum für die Erhebung der Schülervorstellung über Wissenschaft zulassen.

Mit den Erhebungsinstrumenten kann nur ein kleiner Ausschnitt der Kompetenzkonstrukte erfasst werden. Die Daten, die durch die Erhebungsinstrumente erhalten werden, erlauben zum Teil einen erheblichen Interpretationsspielraum. Im Bereich des Wissenschaftsverständnisses variieren die Ansichten über ein adäquates Wissenschaftsverständnis, womit die Identifizierung mittels Items erschwert wird. Ebenfalls erschwerend kann sich das inkonsistente Verständnis und die schnell verändernden Ansichten der Versuchspersonen auswirken (Priemer, 2006).

4.5 Erhebungsinstrument

4.5.1 Diagnoseaufgaben

Zur Messung des wissenschaftlichen Denkens bzgl. der Kompetenzaspekte der Erkenntnisgewinnung wurden drei Diagnoseaufgaben (vgl. A.3) eingesetzt. Die Diagnoseaufgaben beziehen sich auf die Hypothesenbildung, Experimentplanung und Datenanalyse und wurden so ausgewählt, dass die Charakteristika zu den Bereichen eindeutig in ihnen repräsentiert sind (vgl. Kapitel 2.3; 4.4). Im Sinne einer „authentischen Prüfungskultur“ (Mayer, 2004, S. 97) handelt es sich um offene Aufgaben mit Einbettung in einen lebensnahen Kontext. Das offene Aufgabenformat ermöglicht eine Erfassung, welche Charakteristika der Hypothesenbildung, Experimentplanung und Datenanalyse selbstständig von den Schülerpaaren angewendet werden. Die Diagnoseaufgaben knüpfen an die theoretisch hergeleiteten Teilkompetenzen des Experimentierens und deren Charakteristika an (vgl. Kapitel 2.3) und ermöglichen die Anwendung und Umsetzung der Charakteristika für die Teilkompetenzen des Experimentierens im Rahmen der Aufgabenlösung. Jede Diagnoseaufgabe besteht aus einem anwendungsorientierten Aufgabentext sowie einer Aufgabenstellung. Im Aufgabentext sind die zentralen Elemente des domänenspezifischen Problems angegeben. Es handelt sich um komplexe, schwierigere Probleme, da die Anwendung des lauten Denkens bei diesen Aufgabenformaten besser möglich ist (vgl. Kapitel 4.2.1; 4.4). Die Komplexität macht sich durch die Anzahl und Verknüpfung der Elemente bemerkbar. Die Notwendigkeit der Verwendung übergeordneter Konzepte zur Hypothesenbildung, Experimentplanung und Datenanalyse kennzeichnen ebenfalls die Komplexität der Aufgaben (Kauertz et al., 2010). Die Herstellung von Zusammenhängen und der Transfer vorgegebener Informationen in einen neuen Kontext erhöhen die Aufgabenschwierigkeit. Die komplexen, realistischen und alltagsnahen Phänomene in den Diagnoseaufgaben wurden ausgewählt, da die Problemlösekompetenz vor allem von bereichsspezifischem Wissen und Strategien abhängt und ein schülerrelevanter Kontext Ergebnisse hervorruft, die näher an den angezielten Kompetenzen liegen (Mayer, 2007). Bei den Diagnoseaufgaben werden die Schüler angeregt, Vorwissen zu reproduzieren, Informationen zu selektieren und zu organisieren (Kauertz et al., 2010). Das textliche Format ist leicht zu verstehen, damit die naturwissenschaftlichen Kompetenzen mit den Diagnoseaufgaben valide gemessen werden können. Die ausgewählten Aufgaben sind nicht repräsentativ für alle schulischen Unterrichtsaufgaben, können dennoch als typische Aufgaben in der Erkenntnisgewinnung aus der neuen Aufgabenkultur angesehen werden.

Die Diagnoseaufgabe zur Hypothesenbildung widmet sich dem Kontext „Kannenpflanzen“ (vgl. A.3). Hierbei wird das Basiskonzept „System“ mit dem Bereich „Wechselwirkungen im Ökosystem“ aufgegriffen (Hessisches Kultusministerium, 2011). Die Wechselwirkungen der Kannenpflanze mit abiotischen und biotischen Faktoren bildet die Grundlage für die Bildung von Hypothesen durch die Schülerinnen. Das Phänomen besteht in dem Nichtgedeihen von

Kannenpflanzen. Dies ist ein lebensweltlicher Kontext, den die Schüler aus dem Alltag mit Pflanzen kennen. Um das Gedeihen der Kannenpflanze zu ermöglichen, müssen die Faktoren identifiziert werden, die das Gedeihen möglicherweise verhindern. Im Aufgabentext werden Hintergrundinformationen zur Kannenpflanze und deren Standortbedingungen im tropischen Bergland gegeben. Diese fachwissenschaftlichen Angaben sind notwendig, damit Problemlöseprozesse möglichst unabhängig vom Fachwissen stattfinden können. Im Kontrast zu den Standortbedingungen im tropischen Regenwald werden die Standortbedingungen für die Zimmerpflanze angegeben. Mittels verschiedener Strategien, wie dem Ausschlussverfahren oder Analogisierungen zu anderen Pflanzen, sollen Faktoren für das Nichtgedeihen der Kannenpflanze bestimmt werden. Die Fragestellung nach den Bedingungen für das Nichtgedeihen ist im Aufgabentext vorgegeben. Die konkrete Aufgabenstellung besteht in der Bildung von Hypothesen und deren Begründung auf biologischer Fachbasis. Die Fachbasis besteht hierbei aus dem Fachwissen, welches im Aufgabenkontext angegeben ist und die Schülerinnen bis zum Zeitpunkt der Erhebung in der Schule vermittelt bekommen haben. Da es sich um Schülerinnen der 10. Klasse handelt, fehlen zum Zeitpunkt der Erhebung Fachwissen im Bereich der Genetik und Evolution. Dies ist bei der Auswertung der Begründungen zu beachten. Die aufgestellten Hypothesen der Schülerinnen können auf die Anwendung oder Nichterfüllung der Charakteristika der Hypothesen überprüft werden. Der Aufgabenkontext lässt eine Analyse der aufgeführten Charakteristika der Hypothese in der Tab. 2 zu. Die möglichen Kompetenzaspekte werden aus Kapitel 2.3.1 abgeleitet. Andere Aspekte, die im theoretischen Abschnitt hergeleitet wurden, sind im Zusammenhang mit den Schülerlösungen nicht relevant oder mit der Aufgabenstellung nicht erfassbar.

Tabelle 2: Übersicht über mögliche Kompetenzaspekte bei der Diagnoseaufgabe „Kannenpflanzen“

Teilkompetenz	Kompetenzaspekte
Hypothesenbildung	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Hypothese aus der Fragestellung ableiten ➤ begründete Annahme ➤ Beziehung zwischen unabhängiger und abhängiger Variable ➤ Wenn-dann-; Je-desto-Aussage ➤ Verifizierung und Falsifizierung ist möglich ➤ Einfachheit ➤ logisch konsistent ➤ widerspruchsfrei ➤ empirisch überprüfbar ➤ Prognosefähigkeit ➤ Hypothesenvielfalt

Die Diagnoseaufgabe zur Experimentplanung beinhaltet den Kontext „Attrappenversuche mit Guppys“ (vgl. A.3). Mit diesem Kontext wird das Basiskonzept „Entwicklung“ mit dem Bereich „Fortpflanzung und Entwicklung“ aufgegriffen (Hessisches Kultusministerium, 2011). Das Phänomen besteht in der Abhängigkeit des Balzverhaltens des Guppy-Männchens vom Weißanteil des Weibchens am Bauch. Dies ist ein sinnstiftender Kontext, bei dem mittels des Experiments bestimmt werden soll, welchen Einfluss der Weißanteil des Weibchens auf das Balzverhalten des Männchens hat. Im Aufgabentext werden Hintergrundinformationen zu Attrappenversuchen und dem Balzverhalten von Guppys gegeben. Diese fachwissenschaftlichen Angaben sind notwendig, damit der Problemlöseprozess möglichst unabhängig vom Fachwissen stattfinden kann. Zudem ist eine Hypothese als leitendes Element für die Pla-

nung des Experiments vorgegeben (vgl. Kapitel 2.3.3). Die Aufgabenstellung besteht in der Planung eines Experiments zur Überprüfung der vorgegebenen Hypothese unter Angabe zu berücksichtigender Faktoren. Für die Planung ist kein vertiefendes Fachwissen über Attrappenversuche oder das Balzverhalten der Guppy-Männchen notwendig. Die geplanten Experimente der Schülerinnen können auf die zu beachtenden Charakteristika bei der Planung des Experiments untersucht werden. Mögliche Kompetenzaspekte werden aus Kapitel 2.3.3 abgeleitet und sind in Tab. 3 dargestellt. Andere Aspekte, die im theoretischen Abschnitt hergeleitet wurden, werden in der wissenschaftlichen Hausarbeit vernachlässigt, da sie für Schüler nicht relevant oder nicht mit der Aufgabenstellung erfassbar sind.

Tabelle 3: Übersicht über mögliche Kompetenzaspekte bei der Diagnoseaufgabe „Attrappenversuche mit Guppys“

Teilkompetenz	Kompetenzaspekt
Experimentplanung	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Experiment aus der Hypothese ableiten ➤ Verifizierung und Falsifizierung der Hypothese mit Experiment möglich ➤ Objektivität, Validität, Reliabilität ➤ Nachweis einer Ursache-Wirkungsrelation ist möglich ➤ eindeutige Ergebnisse liefern ➤ Identifizierung der unabhängigen und abhängigen Variable ➤ Variablen operationalisieren ➤ unabhängige Variable systematisch variieren ➤ abhängige Variable beobachten und messen ➤ Störgrößen kontrollieren ➤ Reduktionsvornahmen ➤ repräsentative Stichprobe ➤ Versuchswiederholungen ➤ Kontrollversuch ➤ Angabe der Messintervalle ➤ Nachvollziehbarkeit ➤ Reproduzierbarkeit

Die Diagnoseaufgabe zur Datenanalyse enthält den Kontext „Die Wirkung von Nikotin“ (vgl. A.3). Dieser Kontext ist im Basiskonzept „System“ mit dem Bereich „Stoffwechsel und Regelmechanismen“ verankert (Hessisches Kultusministerium, 2011). Die Daten eines Experiments über die Abhängigkeit des Herzschlags von der Nikotinkonzentration bei Wasserflöhen und deren adäquate Präsentation in einem Diagramm stellen die Grundlage der Datenanalyse durch die Schülerinnen dar. Im Aufgabentext werden Hintergrundinformationen zu Nikotin und Wasserflöhen gegeben. Diese fachwissenschaftlichen Angaben sind notwendig, damit der Problemlöseprozess möglichst unabhängig vom Fachwissen stattfinden kann. Zudem ist eine Hypothese als leitendes Element für die Datenanalyse (vgl. Kapitel 2.3.5) und das Experiment als Grundlage für eine Methodendiskussion angegeben (vgl. Kapitel 2.3.5). Die Aufgabenstellung besteht in der Beschreibung und Interpretation der Daten. Mittels der Datenanalyse soll bestimmt werden, ob die Hypothese verifiziert oder falsifiziert werden muss. Für die Beschreibung ist kein vertiefendes Fachwissen über die Wirkung von Nikotin auf den Wasserfloh notwendig. Im Bereich der Interpretation wäre vertiefendes Fachwissen im Bereich der Neurobiologie von Vorteil. Da die Schüler dies zum Zeitpunkt der Untersuchung in der Schule noch nicht behandelt haben, muss dies in der Bewertung der Interpretation beachtet werden. Die Verwendung des Vorwissens aus dem Aufgabentext wird jedoch verlangt. Die Datenanalyse der Schülerinnen kann auf die zu beachtenden Charakteristika bei der Datenanalyse untersucht werden. Mögliche Kompetenzaspekte werden aus dem

Kapitel 2.3.5 abgeleitet und sind in Tab. 4 dargestellt. Andere Aspekte, die im theoretischen Abschnitt hergeleitet wurden, werden in der wissenschaftlichen Hausarbeit vernachlässigt, da sie nicht relevant oder nicht mit der Diagnoseaufgabe erfassbar sind.

Tabelle 4: Übersicht über mögliche Kompetenzaspekte bei der Diagnoseaufgabe „Die Wirkung von Nikotin“

Teilkompetenz	Kompetenzaspekte
Datenanalyse	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Beschreibung und mathematische Beschreibung der Daten ➤ Vergleich der Daten ➤ Kategorienbildung der Daten ➤ objektive Beschreibung ➤ Interpretation der Daten ➤ Nahursache, Fernursache, Beweggründe anbringen ➤ Vorwissen beim Interpretieren verwenden ➤ Sicherheit der Interpretation ➤ Daten im Zusammenhang betrachten ➤ Verwendung aller Daten ➤ Ursache-Wirkungsrelation bestimmen ➤ Methodendiskussion ➤ Fehleranalyse ➤ Rückschluss auf die Hypothese ➤ Aussagebereich der Hypothese prüfen ➤ Generalisierung der Ergebnisse ➤ Anfangshypothese wird modifiziert ➤ neue Hypothese oder Frage aus Datenlage ableiten ➤ Folgeexperiment ableiten

In den Diagnoseaufgaben wird der empirische Charakter der Naturwissenschaft durch die Staffelung der Aufgaben an sich und die Staffelung innerhalb der Aufgaben deutlich. Aus den möglichen zu überprüfenden Kompetenzaspekten werden zu überprüfende Kategorien in einer Codieranleitung (vgl. A.5) festgelegt.

4.5.2 Leitfadeninterview

Zur Messung des Wissenschaftsverständnisses bzgl. der Bereiche Hypothesenbildung, Experimentplanung und Datenanalyse wurde ein Leitfadeninterview eingesetzt (vgl. A.4). Der Einsatz eines Interviews ist geeignet, um qualitativ die Vorstellungen der Schülerinnen zu den Dimensionen des Wissenschaftsverständnisses im Bezug zum Experimentieren zu erfassen (vgl. Kapitel 2.1.2; 2.4). Dabei werden Aspekte des wissenschaftlichen Denkens angesprochen, zu denen die Versuchspersonen zuvor keine Aussagen getroffen haben oder die Aussagen sollen vertiefend begründet und gerechtfertigt werden.

Durch die direkte Befragung der Schülerinnen im Interview entsprechend eines strukturierten Leitfadens und dem Einsatz der Videosequenzen kann ein inhaltlicher Teilbereich des Wissenschaftsverständnisses abgedeckt werden, zu dem die Schülerinnen ihre Vorstellungen äußern und erklären können. Der inhaltliche Teilbereich wird durch die Diagnoseaufgaben und die Lösungen der Schülerinnen begrenzt. Die Erfassung des Wissenschaftsverständnisses anhand konkreter Schülervorstellungen, die beim Lösen der Diagnoseaufgaben deutlich werden, ermöglicht die Feststellung des Verständnisses an konkreten Beispielen und nicht losgelöst von einem Kontext.

Die Fragen des Leitfadenterviews sind so konstruiert, dass das Wissenschaftsverständnis eindeutig in ihnen repräsentiert ist. Die Studie im Bereich des Wissenschaftsverständnisses beschränkt sich durch die Orientierung an den Diagnoseaufgaben auf alle Kerndimensionen bis auf die „Unterscheidung von Theorie und Gesetz“. In dem Interviewleitfaden wurden Items so ausgewählt, dass sie auf die Dimensionen des Wissenschaftsverständnisses abgestimmt sind. Die Items erfassen nicht die kompletten Kerndimensionen des Wissenschaftsverständnisses, sondern durch die Kontextbindung nur Teilbereiche. Durch das Interview werden Schülervorstellungen zum Wissenschaftsverständnis im Bereich der Hypothesenbildung, Experimentplanung und Datenanalyse in Bezug zum wissenschaftlichen Denken erhoben (vgl. Kapitel 3). Das Wissenschaftsverständnis bzgl. der Charakteristika der Teilkompetenzen wird erfragt. Beispiele für kontextbezogene Fragen zum experimentellen Wissenschaftsverständnis sind in Tab. 5 für die Kerndimensionen veranschaulicht. Die eindeutige Zuordnung der Items zu den Kerndimensionen ermöglicht einen Bezug zwischen den Aussagen der Schülerinnen zu den jeweiligen Dimensionen und einen Vergleich zwischen den zwei Schülerinnen.

Tabelle 5: Übersicht über Beispielfragen aus dem Leitfadenterview zu den Kerndimensionen des Wissenschaftsverständnisses

Kerndimension	Beispielfragestellung aus dem Leitfadenterview
Vorstellungen über naturwissenschaftliches Wissen	
Sicherheit	Wie oft würdest du den Versuch machen?
Komplexität	Warum habt ihr euch für die zwei Variablen für die Hypothese entschieden?
Herkunft	Wie kommt man zu einer Hypothese?
Rechtfertigung	Warum macht ihr die Beschreibung mit Hilfe mathematischer Angaben?
Subjektivität	Würde jemand anders die Beschreibung auch so machen?
Vorstellungen über naturwissenschaftliche Methoden	
Empirischer Charakter der Naturwissenschaft	Was bringt dir das Aufstellen einer Hypothese?
Zweck der Naturwissenschaft	Warum habt ihr euch für diese Variablen für das Experiment entschieden?
Struktur von Experimenten	Was sind Merkmale, die man beim Planen eines Experiments nicht außer Acht lassen darf?
Ziele von Experimenten	Was bringt dir die genaue Planung des Experiments?
Kreativität in den Naturwissenschaften	Was denkst du ist die Voraussetzung um Hypothesen aufstellen zu können?
Vorstellungen über Institutionen und soziale Handhabung	
Soziale und kulturelle Eingebundenheit der Naturwissenschaft	Gibt es Faktoren, die die Interpretation beeinflussen könnten?

Das Leitfadenterview enthält un gelenkte und gelenkte Anteile. Zu den un gelenkten Teilen zählen Fragen, wie „Was hast du gedacht?, Wie hast du das empfunden?“ und zu den gelenkten Teilen gehören detaillierte und nach der Bedeutsamkeit des Handelns und den Ursachen für das Handeln orientierte Fragen (Weidle & Wagner, 1982). Die Fragen wurden wert-

frei ohne einschränkende Vorgaben gestellt, um das Wissenschaftsverständnis mit Begründung zu erfassen.

4.6 Auswertungsmethode

4.6.1 Grundlagen der qualitativen Inhaltsanalyse

Zur Auswertung der Daten wird die qualitative Inhaltsanalyse genutzt (vgl. Kapitel 4.2). Die qualitative Inhaltsanalyse dient der Analyse von fixierter Kommunikation mit dem Ziel, Schlussfolgerungen auf bestimmte Aspekte der Kommunikation zu ziehen, indem die sprachlichen Eigenschaften identifiziert und beschrieben werden. Bei der Methode wird systematisch, regelgeleitet und theoriegeleitet nach Ablaufmodellen vorgegangen. Dies erhöht die Vergleichbarkeit der ausgewerteten Daten. Die Auswertung nach der qualitativen Inhaltsanalyse kann der Hypothesenfindung und Theoriebildung, Einzelfallstudien, Prozessanalysen, Klassifizierungen und Hypothesen- und Theorieprüfung dienen. Bei der Inhaltsanalyse werden empirisch und theoretisch sinnvoll erscheinende Ordnungskriterien aufgestellt und das Material darauf hin beschrieben und untersucht (Mayring, 2010a). Die Inhaltsanalyse muss in Einbettung zum Kontext der Daten gesehen werden. Es ist nur möglich, die Ergebnisse der Inhaltsanalyse als Form der Interpretation innerhalb des Kontextes zu sehen (Mayring, 2010b). Um die Auswertung objektiv auszuführen, wird das gesprochene Wort schriftlich fixiert. Die Transkription ist eine Form das Gesprochene in ein Dokument, das Transkript, umzuwandeln. Damit die Transkription der Objektivität genügt, muss die Transkription auf einem bestimmten Schema basieren (vgl. A.6). Das Annotationsverfahren muss angewendet werden, welches an die Forschungsfragen angepasst ist. Es erlaubt, aus der gesprochenen Sprache verlässliche Ergebnisse zu extrapolieren (Kuckartz, 2007; Selting et. al., 2009). Auf der Basis des Transkripts können zergliedernde Analyseeinheiten gebildet und auf die Inhaltsanalyse angewendet werden.

Bei der Inhaltsanalyse auf inhaltlicher Ebene können schrittweise induktiv Kategorien durch die Arbeit mit dem Material gebildet oder nach vorgegebenen Strukturen analysiert werden. Das induktive Vorgehen dient dem Erhalt der Offenheit der qualitativen Forschung (vgl. Kapitel 4.1) und der sukzessiven Entwicklung von Konzepten (Böhm, 2010). Das offene Codieren kann der Hypothesenfindung und Bildung neuer Kategorien dienen. Theoriegenerierende Fragen an das Material sind beispielsweise: Worum geht es?, Welches Phänomen tritt auf?, Wer wird und wie wird von den Versuchspersonen agiert?, Welche Aspekte des Phänomens werden angesprochen und wie?, Welche Begründungen lassen sich erschließen?, Welche Absicht, Taktik oder Strategie steckt hinter der Aussage? (Böhm, 2010). Bei einer strukturierenden Inhaltsanalyse werden bestimmte Aspekte aus dem Material gefiltert und nach vorher festgelegten Kriterien aus der Theorie codiert. Bei zuvor bereits theoretisch festgelegten Kriterien können Kodierleitfäden erstellt werden, in denen die Kategorien differenziert, trennscharf dargestellt und typische Textpassagen als Anker zugeordnet werden. Dies gewährt das Gütekriterium der Interkoderreabilität, d.h. mehrere Inhaltsanalytiker kommen an Materialausschnitten zu gleichen Ergebnissen (Mayring, 2010b). Während der Inhaltsanalyse können jederzeit über Rückkopplungsschleifen die Kodierleitfäden überarbeitet werden. Die qualitative Inhaltsanalyse erlaubt jedoch nicht nur dem Material die Zuordnung der Codes, sondern auch die nähere differenziertere Erläuterung und Diskussion der zugeordneten Analyseeinheit und stellt somit ein expandierendes Verfahren dar. Durch das axiale Codieren können vorhandene Konzepte verfeinert, differenziert und Beziehungen ermittelt werden. Die

Beziehungen können zeitlich, räumlich, argumentativ oder motivational sein und es können Ursache-Wirkungsrelationen oder Mittel-Zweckbeziehungen vorliegen (Böhm, 2010). Vorteilhaft ist zu Beginn ein exploratives Vorgehen mit anschließender kategoriengeleiteter Analyse.

4.6.2 Anwendung der qualitativen Inhaltsanalyse im Bereich des wissenschaftlichen Denkens beim Experimentieren

Gegenstand der qualitativen Inhaltsanalyse im Bereich des wissenschaftlichen Denkens beim Experimentieren ist die gesprochene Sprache während der Lösung der Diagnoseaufgaben zur Hypothesenbildung, Experimentplanung und Datenanalyse (vgl. Kapitel 4.5.1) und die schriftlich festgehaltenen Ergebnisse der Schülerpaare. Die Analyse erlaubt Rückschlüsse, welche Charakteristika der Hypothesenbildung, Experimentplanung und Datenanalyse und in welcher Form mit Hilfe von Diagnoseaufgaben bei Schülern generiert werden können (vgl. Kapitel 3). Die Inhaltsanalyse dient der Hypothesenfindung sowie der Klassifikation der Schülerantworten im Bereich von Einzelfallanalysen (vgl. Kapitel 4.6.1).

Zur Analyse, welche Charakteristika beim Experimentieren von Schülern beachtet werden, wurden theoriegeleitete Kodierleitfäden erstellt. Der jeweilige Kodierleitfaden zu den Bereichen Hypothesenbildung, Experimentplanung und Datenanalyse ist im Anhang A.5 zu finden. Die Kategorien ergeben sich aus den Kompetenzaspekten, die aus der Theorie stammen und mit der Diagnoseaufgabe eindeutig und trennscharf erfasst werden können (vgl. Kapitel 2.3; 4.5.1). Zuerst werden die Antworten der Schülerinnen gemäß der qualitativen Inhaltsanalyse (vgl. Kapitel 4.6.1) untersucht und zu inhaltlich übereinstimmenden Kategorien im Bereich des wissenschaftlichen Denkens mit Hilfe des Kodierleitfadens zugeordnet. Es wird bestimmt, welche Charakteristika bei der Hypothesenbildung, Experimentplanung und Datenanalyse beim wissenschaftlichen Denken von Schülerpaaren angegeben werden. Zu den vorgegebenen Kategorien des Kodierleitfadens wird zusätzlich offen codiert, sodass weitere Kategorien beachtet und die vorgegebenen Kategorien differenziert analysiert werden können. Ziel ist es, die Qualität der Schülerinnenaussagen zum wissenschaftlichen Denken im Bereich des Experimentierens aus der gesprochenen Sprache und der schriftlichen Lösung zu erfassen.

4.6.3 Anwendung der qualitativen Inhaltsanalyse im Bereich des experimentellen Wissenschaftsverständnisses

Gegenstand der qualitativen Inhaltsanalyse im Bereich des experimentellen Wissenschaftsverständnisses ist die gesprochene Sprache während des Interviews zur Hypothesenbildung, Experimentplanung und Datenanalyse (vgl. Kapitel 4.5.2). Die Analyse des Materials aus dem Interview erlaubt Rückschlüsse, welche Vorstellungen Schüler zu den Kerndimensionen des Wissenschaftsverständnisses für die Charakteristika des wissenschaftlichen Denkens im Bereich des Experimentierens haben (vgl. Kapitel 3). Die Inhaltsanalyse dient der Hypothesenfindung sowie der Klassifikation der Schülerantworten im Bereich von Einzelfallanalysen (vgl. Kapitel 4.6.1).

Zur Analyse, welche Vorstellungen bei der Hypothesenbildung, Experimentplanung und Datenanalyse im Bereich des Wissenschaftsverständnisses von Schülern beachtet werden, wurde ein offenes Codieren genutzt. Das offene Codieren dient der Bestimmung, welches

Wissenschaftsverständnis bei den Teilkompetenzen des Experimentierens bei Schülerinnen zum Tragen kommt. Das Codieren orientiert sich an den Dimensionen des Wissenschaftsverständnisses, die mit dem Leitfadeninterview erfragt (vgl. A.4) bzw. von den Schülerinnen benannt werden. Die Kategorien für die Codierung ergeben sich aus den Dimensionen des Wissenschaftsverständnisses, die aus der Theorie stammen und mit dem Interview wahrscheinlich erfasst werden können (vgl. Kapitel 2.3; 4.5.2) (vgl. A.5.4). Orientiert wird sich dabei an Items für das experimentelle Wissenschaftsverständnis (vgl. A.1). Zuerst werden die Antworten der Schülerinnen gemäß der qualitativen Inhaltsanalyse (vgl. Kapitel 4.6.1) offen untersucht und dann zu inhaltlich übereinstimmenden Kategorien des Wissenschaftsverständnisses im Bereich Hypothesenbildung, Experimentplanung und Datenanalyse zusammengefasst, so dass das Wissenschaftsverständnis in den verschiedenen Bereichen durch verschiedenen Kerndimensionen generiert werden kann. Äußerungen, die sich nicht unmittelbar auf die Frage einer Dimension beziehen, werden mit ausgewertet. Ziel ist es, die Kerndimensionen des Wissenschaftsverständnisses der Schülerinnenaussagen zu den Bereichen des wissenschaftlichen Denkens zu erfassen und so explorativ mögliche Zusammenhänge der Kompetenzkonstrukte zu erfassen.

5 Ergebnisse der Studie

Die Ergebnisse der Studie basieren auf den Daten aus den Diagnoseaufgaben und dem Leitfadeninterview (vgl. Kapitel 4.5). Im Bereich des wissenschaftlichen Denkens werden die schriftlich fixierten Lösungen und das Gespräch während des Lösungsprozesses auf vorhandene und nicht vorhandene Charakteristika des wissenschaftlichen Denkens im Bereich der Hypothesenbildung (Diagnoseaufgabe „Kannenpflanze“), Experimentplanung (Diagnoseaufgabe „Attrappenversuche mit Guppys“) und Datenanalyse (Diagnoseaufgabe „Die Wirkung von Nikotin“) mit Hilfe von Kodierleitfäden (vgl. A.5.1; A.5.2; A.5.3) qualitativ analysiert (vgl. Kapitel 3, 4.6.2). Durch die Gegenüberstellung der schriftlichen Lösung und des Gesprächs im Lösungsprozess soll festgestellt werden, ob es Unterschiede in den auftretenden Charakteristika der Teilkompetenzen des Experimentierens in den jeweiligen Daten gibt (vgl. Kapitel 3). Im Bereich des experimentellen Wissenschaftsverständnisses werden die Daten aus dem Interview offen qualitativ analysiert. Die Vorstellungen der Schülerinnen zu den Kerndimensionen des Wissenschaftsverständnisses für die Charakteristika des wissenschaftlichen Denkens werden erforscht (vgl. Kapitel 3, 4.6.3). Anschließend findet eine Gegenüberstellung der Fallanalysen statt (vgl. Kapitel 3). Die Schülerlösungen werden in kursiver Schrift und Anführungszeichen im Text gekennzeichnet. Wenn nicht weiter angegeben, stammen die Zitate aus der zugehörigen Tabelle.

5.1 Fallanalyse Svenja und Katharina

5.1.1 Charakteristika des wissenschaftlichen Denkens beim Experimentieren

Hypothesenbildung

Die schriftlichen Lösungen und Teilauszüge aus dem Gespräch des Schülerpaares Svenja und Katharina zur Diagnoseaufgabe „Kannenpflanze“ und die darin vorkommenden Charakteristika der Hypothesenbildung sind in der folgenden Tab. 6 aufgeführt. Im anschließenden Text werden die Inhalte erläutert.

Tabelle 6: Verwendete Charakteristika der Hypothesenbildung des Schülerpaares Svenja und Katharina in den chronologischen Daten der schriftlichen Lösung und des lauten Denkens.

Charakteristika der Hypothesenbildung:

- | | |
|---------------------------|--|
| [1] Unabhängige Variable | [2] Abhängige Variable |
| [3] Zusammenhang | [4] Richtung des Zusammenhangs |
| [5] Empirisch überprüfbar | [6] Alternative Hypothesen |
| [7] Begründung | [8] Einfachheit, logische Konsistenz, widerspruchsfrei |

Daten der schriftlichen Lösung	Charakteristika	Daten des lauten Denkens	Charakteristika
Es liegt an der <u>Dunkelheit</u> in Carolines Zimmer.	[1]	Svenja: Ich würde mal sagen es liegt hauptsächlich am <u>Licht</u> . Oder? <u>Weil es in ihrem Zimmer ja doch eher dunkel ist.</u> Katharina: Hm, ja genau. <u>Also die anderen Sachen, die weichen ja nur so ein bisschen ab.</u>	[1] [7] [7]
Die <u>Luftfeuchtigkeit</u> in ihrem Zimmer ist <u>nicht hoch genug</u> .	[1, 6] [7]	Katharina: Okay (<u>Luftfeuchtigkeit</u>) auch noch dazu, <u>weil das eher so ein bisschen abweichend ist.</u> ... Also 50, 70 und so.	[1,6] [7]
Weniger <u>Nahrung</u> für die Pflanze <u>als in freier Wildbahn</u> .	[1, 6] [7]	Svenja: ... Also die ernähren sich doch hauptsächlich von <u>Fliegen</u> und so. Katharina: ... <u>da ziehen sie ihre Nährstoffe her.</u> ... Svenja: (...) <u>Ich weiß nicht, aber ich glaub in ihrem Zimmer sind schon weniger.</u>	[1,6] [7] [7]
Die Pflanzen werden <u>braun und sterben ab</u> , <u>da nicht genügend Licht</u> für die <u>Photosynthese</u> vorhanden ist.	[2] [3] [7]	Svenja: ... Wir sollen die Hypothese begründen. (...) <u>Vielleicht liegt es auch, weil es eher dunkel ist, äh. (...) Pflanzen machen doch diese Photosynthese.</u> Katharina: Ja, dass das richtig funktioniert. Genau. Svenja: (...) <u>Also sie werden braun. (...) Also die Pflanzen sterben ab, weil (...) sie durch zu wenig Licht nicht.</u> Katharina: Äh. (...) <u>Die Photosynthese nicht ausführen oder irgendwie.</u> Katharina: <u>Und zusätzlich, weil die Pflanze vielleicht nicht ausreichend mit Nährstoffen versorgt ist. Was sich dann auch vielleicht in den Blättern zeigt. ... Weil sie nicht genügend Nahrung irgendwie durch die (...)</u>	[7] [1] [2] [3] [7] [7] [7] [8]
Zusätzlich hat sie durch zu wenig Nahrung <u>Nährstoffmangel</u> .	[7] [8]		[7] [8]

Das Schülerpaar Svenja und Katharina stellt insgesamt drei Aussagen auf. Dies verweist auf eine Hypothesenvielfalt (vgl. Kapitel 2.3.2). Das erste schriftliche Ergebnis „*Es liegt an der Dunkelheit in Carolines Zimmer.*“ enthält die unabhängige Variable Dunkelheit. Im Gespräch wird die unabhängige Variable Licht benannt. Bei der Aussage handelt es sich formal um

keine Hypothese, da die Aussage keine Prognose oder Wahrscheinlichkeitsaussage (vgl. Kapitel 2.3.1) sondern eine Antwort auf die Frage der Diagnoseaufgabe „Woran könnte es liegen, dass Carolines Kannenpflanze nicht gedeihen?“ darstellt (vgl. A.3). Im zweiten Ergebnis „*Die Luftfeuchtigkeit in ihrem Zimmer ist nicht hoch genug.*“ wird die Luftfeuchtigkeit als unabhängige Variable angebracht. Hier wird Bezug darauf genommen, dass die Luftfeuchtigkeit im Vergleich zu den natürlichen Standortbedingungen nicht hochgenug ist. Die Aussage stellt eine Feststellung der unterschiedlichen Bedingungen durch den Vergleich der Angaben in der Diagnoseaufgabe dar und ist wiederum formal keine Hypothese. In der dritten Aussage beziehen die Schülerinnen sich auf die unabhängige Variable Nahrung, indem sie „*Weniger Nahrung für die Pflanze als in freier Wildbahn.*“ aufschreiben. Im Gespräch benennen die Schülerinnen statt der Nahrung konkret die Fliegen. Die Aussage ist ebenfalls eine Feststellung, wobei die Schlussfolgerung nicht aus den Angaben im Text gezogen werden kann, sondern durch genaues Überlegen erhalten wird.

In den drei Aussagen werden jeweils die plausiblen unabhängigen Variablen aus der Diagnoseaufgabe aufgegriffen. Dies lässt darauf schließen, dass die Schülerinnen den Kern einer Hypothese mit dem Benennen der plausiblen unabhängigen Variable erfasst haben und das Prinzip der Isolierung wirksamer Faktoren von weniger wirksamen Faktoren anwenden können (vgl. Kapitel 2.3.1). Bei den Aussagen der Schülerinnen fehlt der Bezug der unabhängigen Variable zur abhängigen Variable (vgl. Kapitel 2.3.4). Somit können aus den Aussagen der Schülerinnen keine Prognosen abgeleitet werden, womit die Aussagen nicht empirisch überprüfbar sind und die Verifizierung und Falsifizierung der aufgestellten Aussagesysteme nicht möglich ist (vgl. Kapitel 2.3.1). Der Zusammenhang der unabhängigen und abhängigen Variable wird in der Begründung einbezogen.

Die Begründungen der Schülerinnen lassen sich in zwei Arten untergliedern. Zum einen gibt es die offensichtliche Begründung mit Hilfe des Aufgabentextes der Diagnoseaufgabe und zum anderen gibt es die fachwissenschaftliche Begründung mit Hilfe von Fachkonzepten der Biologie. Bei der unabhängigen Variable der Dunkelheit werden beide Begründungsarten genutzt. Das Prinzip der offensichtlichen Begründung wird im Zusammenhang mit dem Aufstellen der Hypothese verwendet. Die Schülerinnen begründen die Wahl der unabhängigen Variable damit, dass die Abweichung dieser Variable im Vergleich der natürlichen Standortbedingungen am größten ist und im Vergleich der anderen möglichen unabhängigen Variablen am markantesten.

„Svenja: Ich würde mal sagen es liegt hauptsächlich am Licht. Oder? Weil es in ihrem Zimmer ja doch eher dunkel ist.

Katharina: Hm, ja genau. Also die anderen Sachen, die weichen ja nur so ein bisschen ab.“

Die offensichtliche Begründung für die Verwendung der unabhängigen Variable wird von den Schülerinnen nicht schriftlich fixiert. Schriftlich fixiert wird die fachwissenschaftliche Begründung. Die fachwissenschaftliche Begründung für die Verwendung der unabhängigen Variable der Dunkelheit wird im Anschluss an die Formulierung aller Hypothesen, durch den Impuls, dass in der Aufgabenstellung eine Begründung gefordert wird (vgl. A.3), aufgestellt.

„Svenja: Wir sollen die Hypothese begründen. ... Vielleicht liegt es auch, weil es eher dunkel ist, äh. (...) Pflanzen machen doch diese Photosynthese.“

Für die geforderte Begründung verwenden die Schülerinnen fachwissenschaftliches Grundwissen. Die Photosynthese wird als Begründungsfeld dafür angebracht, dass das wenige Licht einen Einfluss auf das Absterben der Kannenpflanze nehmen kann. Das fachwissen-

schaftliche Konzept der Photosynthese besteht bei den Schülerinnen nicht konsistent. Sie verwenden den Begriff als Schlagwort ohne den genauen Grund, was dies mit dem Licht zu tun hat, anzugeben (vgl. Kapitel 2.3.2). Einhergehend mit der Begründung wird die abhängige Variable, dass die Kannen braun werden und absterben, benannt und in einen Zusammenhang zu der unabhängigen Variable gebracht. Dies wird in der schriftlichen Fixierung nochmals deutlich: *„Die Pflanzen werden braun und sterben ab, da nicht genügend Licht für die Photosynthese vorhanden ist.“*. Durch die geforderte Begründung der Hypothese in der Aufgabenstellung werden die Schülerinnen somit animiert, die abhängige Variable zu nennen und in einen Zusammenhang zur unabhängigen Variable zu bringen. Diese Zusammenführung der Variablen zeigt, dass die Schülerinnen verstanden haben, dass es sich um eine Ursache-Wirkungsrelation handelt, die untersucht werden soll (vgl. Kapitel 2.3.1). Die Zusammenführung der Variablen im Gespräch und der schriftlichen Fixierung tritt relativ spät auf. Bei der Begründung der Aussage über die Fliegen wird erst eine fachwissenschaftliche Begründung und im Anschluss daran die offensichtliche Begründung gegeben, dass es einen Unterschied zwischen Carolines Zimmer und dem natürlichen Standort gibt.

„Svenja: ... Also die ernähren sich doch hauptsächlich von Fliegen und so.

Katharina: ... da ziehen sie ihre Nährstoffe her. Aber, hier ist da ja jetzt nichts genannt, dass das irgendwie weniger. ... (...) Oder ist das jetzt anders hier. Dann sollte man das doch noch schreiben.

Svenja: (...) Ich weiß nicht, aber ich glaube in ihrem Zimmer sind schon weniger.“

Die fachwissenschaftliche Begründung wird im Gegensatz zur Begründung für die Aussage zur Dunkelheit direkt beim Aufstellen der Hypothese angebracht. Die schriftlich fixierte Aussage beinhaltet die offensichtliche Begründung, dass es einen Unterschied der Fliegenanzahl in Carolines Zimmer und der Natur gibt. Das fachwissenschaftliche Konzept notwendiger Nährstoffe zum Überleben der Kannenpflanze wird von den Schülerinnen im Zusammenhang mit dem Aufstellen der Hypothese als Grund für die Wahl der unabhängigen Variable der Nahrung angegeben. Im Zusammenhang mit der geforderten Begründung in der Aufgabenstellung wird die fachwissenschaftliche Begründung schriftlich fixiert: *„Zusätzlich hat sie durch zu wenig Nahrung Nährstoffmangel.“*. Bei der formulierten schriftlichen Begründung wird die Nährstoffkomponente zum Nährstoffmangel präzisiert, wobei nicht weiter vertieft wird, was dies genau für die Pflanze bedeutet. Unsicherheiten der Begründung spiegeln sich in der Aussage von Katharina durch die verwendeten „Vielleicht“ wieder:

„Katharina: Und zusätzlich, weil die Pflanze vielleicht nicht ausreichend mit Nährstoffen versorgt ist. Was sich dann auch vielleicht in den Blättern zeigt.“

Das Wort „zusätzlich“ in der schriftlichen, wie auch mündlichen Begründung für die Verwendung der unabhängigen Variable der Fliegen kann bedeuten, dass die Schülerinnen beide unabhängigen Variablen, sowohl Dunkelheit und Fliegen, als Grund für das Absterben ansehen und nicht nur eine als Ursache für die Wirkung des Absterbens ausmachen (vgl. Kapitel 2.3.2). Die Schülerinnen sehen hinter dem Absterben möglicherweise einen Ursachenkomplex. Die Angabe, dass das Absterben an den Blättern erkannt werden kann, weist darauf hin, dass sich die Schülerin Gedanken über die Operationalisierung der abhängigen Variable machen. Das Operationalisieren des Absterbens zeigt auf, dass die Schülerinnen möglicherweise die empirische Überprüfbarkeit im Sinn haben. Die Aussage der Luftfeuchtigkeit wird beim direkten Aufstellen der Hypothese durch den offensichtlichen Unterschied im Aufgabentext begründet. Die offensichtliche Begründung des Unterschieds wird auch in der Hypothese

angegeben. In den Begründungen auf fachwissenschaftlicher Basis wird deutlich, dass die Schülerinnen die Aussagen unter bestehendem Wissen aufstellen (vgl. Kapitel 2.3.1).

Die aufgestellten Aussagen der Schülerinnen sind nur grob wissenschaftlich fundiert. Durch die Verwendung der offensichtlichen Begründungen kann vermutet werden, dass die unabhängigen Variablen vorwiegend intuitiv mit Hilfe grober Fachkonzepte festgestellt wurden (vgl. Kapitel 2.3.1). Im Bildungsprozess der Hypothese sind keine Widersprüche zu bestehenden Theorien oder logische Inkonsistenzen zu beobachten.

Experimentplanung

Die schriftlichen Lösungen und Teilauszüge aus dem Gespräch des Schülerpaares Svenja und Katharina zur Diagnoseaufgabe „Attrappenversuche mit Guppys“ und die darin vorkommenden Charakteristika der Experimentplanung sind in der Tab. 7 aufgeführt. Im anschließenden Text werden die Inhalte analysiert.

Tabelle 7: Verwendete Charakteristika der Experimentplanung des Schülerpaares Svenja und Katharina in den chronologischen Daten der schriftlichen Lösung und des lauten Denkens.

Charakteristika der Experimentplanung:

- | | |
|---|-------------------------------------|
| [1] Unabhängige Variable wird benannt | [2] UV wird operationalisiert |
| [3] Anzahl der Ansätze | [4] Abhängige Variable wird benannt |
| [5] AV wird operationalisiert | [6] Störgrößen werden kontrolliert |
| [7] Angabe der Messintervalle | [8] Angabe der Messwiederholungen |
| [9] Verifizierung und Falsifizierung der Hypothese ist mit dem Experiment möglich | |

Daten der schriftlichen Lösung	Charakteristika	Daten des lauten Denkens	Charakteristika
1. Man stellt <u>drei Attrappen</u> , die <u>aussehen wie Guppy-Weibchen</u> , aus <u>Knete</u> her.	[3] [6]	Katharina: ... einmal ein <u>Guppy-Weibchen</u> mit, äh, <u>großer weißer Fläche</u> aus zum Beispiel <u>Knete</u> halt <u>nachmacht</u> . Und einer <u>mit weniger weißer Fläche</u> . Und dann halt guckt, äh, bei welchem der beiden Attrappen das <u>Männchen</u> halt <u>intensiver reagiert</u> . Katharina: ... dann halt guckt, äh bei welchen das <u>Männchen</u> sich <u>halt, was weiß ich</u> , öfters <u>S-krümmt</u> . Svenja: ... (...)() <u>drei Modelle</u> . Irrendwie eins mit <u>ganz wenig Weißanteil</u> , eins mit <u>so normal viel</u> [und] ... Katharina: ... Attrappen ... die <u>Aussagen wie Guppy-Weibchen</u> . Katharina: Äh. (...) Das erste mit, äh, <u>großer weißer Fläche</u> oder wie hatten die das genannt? ... <u>Mit großem Weißanteil, optischem Weißanteil</u> . Svenja: Wollen wir noch hinschreiben, dass es <u>am Bauch</u> ist. ... Katharina: Ja kannst du noch dazu schreiben. Steht ja so genau wie möglich. ... Äh, sollen wir jetzt nennen eins mit <u>mittlerem oder weniger</u> . (...) <u>Mittlerem</u> . (...) <u>Mittelgroßen</u> Jetzt kommt	[1,2] [6] [4] [4,5] [3] [1,2] [6] [1,2] [6] [1,2]
Eines mit <u>großem optischen Weißanteil am Bauch</u> , eines mit <u>mittelgroßem optischen Weißanteil</u> am Bauch und eines <u>mit geringerem optischen Weißanteil</u> am Bauch.	[1,2] [6]		

<p><u>Die erste Attrappe wird in ein Aquarium mit einem männlichen Guppy gesetzt.</u></p>	[6]	<p>kaum oder wenig. Svenja: <u>Oder gering.</u> Katharina: ... Das erste Weibchen wird in ein Aquarium mit mehreren männlichen, also die (...) <u>die erste Attrappe wird in ein Aquarium mit mehreren männlichen Guppys gesetzt, oder?</u></p>	[6]
<p><u>Man beobachtet und notiert das Verhalten des Männchen.</u></p>	[4]	<p>Svenja: Okay, dann beobachtet man, wie sich das Männchen verhält.</p>	[4]
<p><u>Denselben Vorgang wiederholt man bei Weibchen zwei und drei.</u></p>	[6]	<p>Katharina: ... Denselben Vorgang wiederholt man, äh auch bei Weibchen, nein bei Attrappe zwei und drei.</p>	[6]
<p><u>Anschließend vergleicht man die Ergebnisse.</u></p>	[6]	<p>Svenja: Äh, wie gut und wie (...) wie toll die so ein Weibchen finden, machen die das mehrmals mit der Krümmung? Svenja: ... anschließend ... Katharina: [Vergleicht] man die Ergebnisse, oder?</p>	[4,5]
<p><u>Krümmt sich das Männchen bei der Attrappe mit dem größten optischen Weißanteil öfter als bei den anderen, so stimmt die Hypothese.</u></p>	[9]	<p>Svenja: ... da kommt ja noch die Auswertung. Man weiß ja erst, ob es wirklich stimmt, wenn die sich wirklich bei dem größeren Weißanteil das Männchen mehrmals hintereinander krümmt. Und wenn halt nicht, dann stimmt es ja wahrscheinlich auch nicht. Katharina: Ja, aber gehört das zum Experiment. Das ist doch dann schon eine Auswertung.</p>	[9]

Die Schülerinnen planen gemeinsam ein Experiment mit der unabhängigen Variable des Weißanteils und der abhängigen Variable des Verhaltens des Guppy-Männchens. Durch die Verwendung dieser Variable wird deutlich, dass die Schülerinnen auf die Hypothese beim Planen des Experimentes zurückgreifen (vgl. Kapitel 2.3.3). Die unabhängige Variable des Weißanteils des Guppy-Weibchens wird durch die Schülerinnen systematisch variiert. Zu Beginn der Planung sprechen die Schülerinnen von einer zweifachen Variation mit großer und weniger weißer Fläche. Bei der anschließenden Verschriftlichung der Planung werden drei Attrappen mit großem, mittelgroßem und geringem Weißanteil angegeben. Beim Gespräch über die dreifache Variation wird folgende Aussage getroffen:

„Svenja: ... (...) () drei Modelle. Irgendwie eins mit ganz wenig Weißanteil, eins mit so normal viel [und]“

Eine der Attrappen stellt für die Schülerinnen die normale Größe des Weißanteils beim Weibchen dar, während die anderen zwei Attrappen zwei Extrema wiedergeben. Die Variationen durch die Schülerinnen werden in ausreichend feinen Unterschieden für die Untersuchung der Hypothese vorgenommen (vgl. Kapitel 2.3.3). Bei der schriftlichen Beschreibung der Attrappen beziehen die Schülerinnen Störgrößen mit ein. Zum einen kontrollieren sie die Variable, dass die Knetmodelle wie Guppy-Weibchen aussehen und zum anderen kontrollieren sie, dass der Weißanteil bei den Attrappen immer am Bauch ist. Die einbezogenen Störgrößen beziehen sich hierbei auf die Attrappen. Die Konstanthaltung der Attrappen bis auf den Weißanteil weist darauf hin, dass die Schülerinnen verstanden haben, dass bei ei-

nem Experiment relevante Faktoren isoliert und ein Faktor unter Konstanzhaltung der übrigen Faktoren variiert wird (vgl. Kapitel 2.3.3). Im Zusammenhang zur systematischen Variation der unabhängigen Variable wird die abhängige Variable, die Reaktion des Guppy-Männchens, im Gespräch zu Beginn der Planung benannt.

„Katharina: Guppy-Weibchen mit, äh, großer weißer Fläche, aus zum Beispiel Knete halt nachmacht, und einer mit weniger weißer Fläche. Und dann halt guckt, äh, bei welchem der beiden Attrappen das Männchen halt intensiver reagiert.“

Die Benennung der abhängigen Variable als intensives Reagieren wird durch eine Operationalisierung im Verlauf der Lösung konkretisiert, wie oft sich das Guppy-Männchen S-krümmt (vgl. Kapitel 2.3.4). Dies stellt eine objektiv beobachtbare Merkmalsausprägung dar, die in ausreichend feinen Unterschieden gemessen werden kann. Die Anzahl und das Intervall der Messungen wird nicht konkretisiert (vgl. Kapitel 2.3.3). Die Operationalisierung der abhängigen Variable wird nicht in die schriftliche Lösung aufgenommen. In der schriftlichen Lösung wird lediglich geschrieben: *„Man beobachtet und notiert das Verhalten des Männchen.“* Dies deutet darauf hin, dass der Operationalisierung ein geringerer Stellenwert zukommt und er deshalb nicht aufgeführt wird. Die Schülerinnen haben bei der Planung richtig gehandelt, in dem sie die Variablen aus der Hypothese einbezogen haben und im Gespräch operationalisiert haben, so dass die Hypothese empirisch überprüft werden kann. Die Operationalisierung im Gespräch und in der schriftlichen Lösung ist für die Überprüfung der Hypothese angemessen.

Die logische und arbeitstechnische Umsetzung der Planung, kann anhand der Betrachtung der Ablaufbeschreibung des Experimentes bewertet werden. Im Gespräch der Schülerinnen wird folgender Vorschlag für die Durchführung gemacht:

„Katharina: ... Das erste Weibchen wird in ein Aquarium mit mehreren männlichen, also die (..) die erste Attrappe wird in ein Aquarium mit mehreren männlichen Guppys gesetzt, oder? Svenja: Hm. (...) Oder vielleicht nur eins, dann kann man es besser beobachten.“

Auf den Vorschlag mit mehreren Guppy-Männchen im Aquarium wird mit einer Alternative mit lediglich einem Guppy-Männchen reagiert. Diese Umstellung des Experiments, die letztlich auch schriftlich fixiert wird, stellt die Kontrolle möglicher Störgrößen, wie Konkurrenz, dar. Begründet wird das Nutzen eines Guppy-Männchens von Svenja mit der besseren Beobachtbarkeit. Bei dieser kontrollierten Störgröße handelt es sich um den Faktor Guppy-Männchen. Die Tatsache, dass Attrappen in das Aquarium gehalten werden sollen, wird damit begründet, dass sonst nicht die Reaktion des Guppy-Männchens beobachtet wird.

„Svenja: Also (...) machen die das Knetemodell im Prinzip zu den Fischen da noch rein und gucken, wie die reagieren oder was. Katharina: Ja, so kann ich mir das vorstellen, weil sonst können die Männchen ja nicht reagieren.“ (vgl. A.7.1.4)

Hiermit wird eine Rechtfertigung für die Durchführung vorgenommen (vgl. Kapitel 2.1.2). Die Gegebenheit, dass immer eine Attrappe in das Aquarium gehalten wird, wird nicht weiter begründet, sondern mit der folgenden Bemerkung abgetan.

„Katharina: [Aber] hintereinander und nicht in einem. Würde ich sagen. Oder? (...) Also nicht gleichzeitig, dass das nicht gleichzeitig durchgeführt wird, sondern [hintereinander.] Svenja: [Nein hintereinander]. Das ist ja klar.“ (vgl. A.7.1.4)

In der Ablaufbeschreibung des Experimentes ist schriftlich enthalten, dass der Vorgang mit den anderen Attrappen wiederholt wird. Die Wiederholung des Vorgehens mit den anderen

Attrappen in der gleichen Weise verweist darauf, dass die Schülerinnen die Bedingungen konstant halten wollen. Hierbei wird eine Störgröße bzgl. der Experimentdurchführung konstant gehalten.

Im Gespräch verweist Katharina darauf, dass sie noch eine Vermutung aufstellen müssen (vgl. A.7.1.4). Svenja verdeutlicht Katharina, dass die Vermutung bereits aufgestellt wurde und verweist somit auf den hypothetisch-deduktiven Charakter des Experimentierens (vgl. Kapitel 2.1.2).

In der Planung des Experiments nehmen sich die Schülerinnen zudem eine Datenanalyse vor, die beinhaltet, dass ein Vergleich der Ergebnisse der verschiedenen Attrappen stattfinden soll. Dieser Planungsschritt zur Analyse der Daten zählt für die Schülerinnen zur Planung des Experiments dazu. Nach der Verschriftlichung dieses Punktes bringt Svenja an, dass man sich noch Gedanken über die zu erwartenden Ergebnisse und die Folgen für die Hypothese machen muss.

„Svenja: ... da kommt ja noch die Auswertung. Man weiß ja erst, ob es wirklich stimmt, wenn die sich wirklich bei dem größeren Weißanteil das Männchen mehrmals hintereinander krümmt. Und wenn halt nicht, dann stimmt es ja wahrscheinlich auch nicht.“

Katharina: Ja, aber gehört das zum Experiment. Das ist doch dann schon eine Auswertung.“

Über die Zugehörigkeit der Folgen des Experimentausganges zur Experimentplanung sind sich die Schülerinnen nicht einig. Letztlich fixiert Svenja den Rückschluss für die Hypothese trotzdem schriftlich. In der Beschreibung des Experimentablaufs wird deutlich, dass die Schülerinnen logisch und arbeitstechnisch korrekt vorgehen. Die Beachtung der Datenanalyse als folgender Schritt beim Experimentieren verweist auf das Verstehen der Schritte des hypothetisch-deduktiven Verfahrens.

Allgemein haben die Schülerinnen die Variablen und den Ablauf des Experiments dem Phänomen angemessen angepasst. Die Angaben von Messintervallen und Messwiederholungen fehlen im Gespräch und auch in der schriftlichen Lösung (vgl. Kapitel 2.3.4). Durch das Fehlen dieser Angaben wird die Objektivität und Reliabilität des Experimentes reduziert, da die Nachvollziehbarkeit, Replizierbarkeit und Messgenauigkeit verloren geht (vgl. Kapitel 2.3.3). Im Bereich der Validität erweist sich das Experiment mit einer höheren Güte, da die Sicherheit der Ergebnisse erhöht wird, indem die Schülerinnen Angaben über Störgrößen vornehmen und diese kontrollieren. Die Validität kann jedoch ebenfalls nicht vollständig angenommen werden, da nur Störgrößen bzgl. der Gestaltung der Attrappe, der Einsatz eines Guppy-Männchens und der gleiche Ablauf der Durchführung betrachtet werden. Störgrößen, die während des Versuchs durch beispielsweise konfundierte Bewegung der verschiedenen Attrappen oder eines Guppy-Männchens, welches noch kein Balzverhalten aufweist, entstehen könnten, werden nicht von den Schülerinnen einbezogen. Die einseitige Betrachtung der Störgrößen führt somit zu einem Verlust der Güte der Validität und des Experimentes, da nur mit einer geringen Sicherheit davon ausgegangen werden kann, dass die unabhängige Variable auf die abhängige Variable wirkt (vgl. Kapitel 2.3.3).

Datenanalyse

Die schriftlichen Lösungen und Teilauszüge aus dem Gespräch des Schülerpaares Svenja und Katharina zur Diagnoseaufgabe „Die Wirkung von Nikotin“ und die darin vorkommenden Charakteristika der Datenanalyse sind in der Tab. 8 aufgeführt. Im anschließenden Text werden die Inhalte dargelegt.

Tabelle 8: Verwendete Charakteristika der Datenanalyse des Schülerpaares Svenja und Katharina in den chronologischen Daten der schriftlichen Lösung und des lauten Denkens.

Charakteristika der Datenanalyse:

- | | |
|--|--|
| [1] Beschreibung der Daten | [2] Mathematische Beschreibung der Daten |
| [3] Vergleich der Daten | [4] Interpretation der Daten |
| [5] Verwendung von Fachwissen bei der Interpretation | |
| [6] Generalisierende Interpretation | [7] Rückschluss auf die Hypothese |
| [8] Methodendiskussion | [9] Fehleranalyse |
| [10] Sicherheit der Interpretation | [11] Ausblick |

Daten der schriftlichen Lösung	Charakteristika	Daten des lauten Denkens	Charakteristika
<p>Wasserfloh 1: <u>Nach Zugabe der Tabaklösung mit einer Nikotinkonzentration von 0,009% sinkt und steigt die Herzfrequenz des Wasserfloh unregelmäßig. Erst nach 16 Minuten sinkt sie stark.</u></p>	[1]	<p>Svenja: <u>Eigentlich hat sie mit ihrer Vermutung Recht.</u></p> <p>Svenja: <u>Guck, hier vorne ist es noch normal und ab da.</u></p> <p>Katharina: ... <u>Nach etwa sieben Minuten, oder was würdest du, ne acht Minuten. ... [Verändert] sich bei, äh, Wasserfloh 2 die (...) die Herzschlagfrequenz. Äh (...) die Anzahl der Herzschläge pro Minute, äh, nimmt deutlich ab. (...) Oder?</u></p> <p>Svenja: <u>Warte mal. Hier bei dem ersten zum Beispiel. ... Da geht es erst mal ein bisschen hoch, dann geht es runter, dann geht es wieder hoch, dann geht es wieder runter. Und bei dem anderen geht es immer steil runter und wird dann nochmal ganz kurz konstant.</u></p> <p>Katharina: ... <u>Also bei dem ersten steigt sie zuerst leicht an, sinkt dann wieder, steigt an und dann sinkt es mehr und dann wieder hoch, runter, hoch, runter.</u></p>	[7] [1] [2] [1]
	[2]	<p>Svenja: <u>[Steigt] und sinkt die Herzfrequenz des Wasserfloh unregelmäßig, erst nach 16 Minuten, äh.</u></p> <p>Katharina: = <u>Sinkt sie um einiges.</u></p> <p>Svenja: <u>Sinkt sie stark.</u></p> <p>Katharina: ... <u>Schon nach wenigen Minuten, oder schon nach zwei Minuten.</u></p>	[1] [2] [1] [1] [2]
	[1]	<p>Svenja: ... <u>Äh. (...) Danach eher leicht und dann auch wieder so unregelmäßig, wie beim ersten.</u></p>	[3]
	[3]	<p>Katharina: <u>Danach. (...) In einer Zeitspanne von zehn Minuten sinkt sie dann weniger stark. ... Nimmt weiter ab. ... Nach dieser Phase sinkt und steigt die Herzfrequenz.</u></p> <p>Svenja: <u>Wie bei Floh 1.</u></p>	[2] [1] [3]
<p>Sina und Steffen können aus diesen Daten schließen, dass <u>Nikotin die Herzschlagfrequenz verringert, aller-</u></p>	[4]	<p>Svenja: <u>Okay, jetzt müssen wir noch schreiben, welche Schlüsse die beiden daraus ziehen. Also Sina und Steffen</u></p>	[4]

<u>dings kommt es auch auf die Nikotinkonzentration im Tabak an.</u>		können aus den Daten ziehen, dass (...) <u>Nikotin die Herzschlagfrequenz (...) wirklich verringert.</u> Katharina: <u>allerdings kommt es auch auf die Nikotinkonzentration an.</u>	
--	--	--	--

Bevor die Schülerinnen mit der Datenanalyse beginnen, zieht Svenja schon den Schluss, dass die Hypothese stimmt (vgl. Kapitel 2.3.6). Die eigentliche Datenanalyse der Schülerinnen hat den Schwerpunkt der Beschreibung. Die Schülerinnen beschreiben die Graphen dabei auf unterschiedlichste Weise und verwenden verschiedene Beschreibungsstile. Die Beschreibung für die Graphen im Gespräch vor der schriftlichen Fixierung verdeutlicht das Herangehen an die Beschreibung durch die zwei Schülerinnen. Katharina beschreibt als erstes den zweiten Wasserfloh. Bei ihrer Beschreibung bezieht sie die x- und y-Achse des Diagramms ein, indem sie Zeitmarken und die Herzschläge angibt.

„Katharina: ... Nach etwa sieben Minuten, oder was würdest du, ne acht Minuten. ... [Verändert] sich bei, äh, Wasserfloh 2 die (...) die Herzschlagfrequenz. Äh (...) die Anzahl der Herzschläge pro Minute, äh, nimmt deutlich ab. (...)“

Svenja hingegen versucht das Diagramm als Ganzes zu erfassen. Durch die Beschreibung des Verlaufs des Graphen in seiner Gesamtheit verschafft sie sich einen Überblick über die jeweiligen Verläufe.

„Svenja: Warte mal. Hier bei dem ersten zum Beispiel. ... Da geht es erst mal ein bisschen hoch, dann geht es runter, dann geht es wieder hoch, dann geht es wieder runter. Und bei dem anderen geht es immer steil runter und wird dann nochmal ganz kurz konstant.“

Die ersten Beschreibungen beider Schülerinnen sind dabei noch ohne die Anwendung eines Vergleichs. Nach den ersten allgemeinen mündlichen Beschreibungen verfasst Katharina eine mündliche Beschreibung für den ersten Wasserfloh.

„Katharina: Also bei dem ersten steigt sie zuerst leicht an, sinkt dann wieder, steigt an und dann sinkt es mehr und dann wieder hoch, runter, hoch, runter.“

Diese Beschreibung wird für die schriftliche Fixierung verfeinert.

„Wasserfloh 1: Nach Zugabe der Tabaklösung mit einer Nikotinkonzentration von 0,009% sinkt und steigt die Herzfrequenz des Wasserfloh unregelmäßig. Erst nach 16 Minuten sinkt sie stark.“

Die mündliche Beschreibung des Sachverhalts wurde in der schriftlichen unter Orientierung an der Hypothese verfeinert. Bei der schriftlichen Formulierung wurden mündliche Ausdrücke, wie „*sinkt sie um einiges*“ umgestellt zu „*sinkt sie stark*“. Die Schülerinnen versuchten scheinbar, die Beschreibung möglichst eindeutig und verständlich vorzunehmen. Der Ausdruck „*Tabaklösung mit einer Nikotinkonzentration von 0,009%*“ entstand beispielsweise aus der undetaillierten Angabe „*Tabaklösung*“. Die Verwendung der detaillierten Beschreibung zeigt auf, dass die Daten im Zusammenhang zu der Nikotinkonzentrationszugabe gesehen werden und ist somit objektiver. Die mathematische Beschreibung mit Zeitangaben, wie den 16 Minuten, wurde von einer Schülerin reflektiert und dann als ausreichend befunden:

„Katharina: Das wird zwar hier so berechnet, dass sie von Anfang an, also erst sind sie ja nur im Wasser und das wird ja erst zu dem Punkt dazugegeben. Aber ich glaube, das können wir trotzdem so nennen.“

Bei der Beschreibung des zweiten Wasserflohs verständigen sich die Schülerinnen darüber, ob die Beschreibung schon nach wenigen oder schon nach zwei Minuten verwendet werden

soll. In der schriftlichen Fixierung wird die Beschreibung ohne die Mathematisierung gewählt. Weitere Angaben mit mathematisch beschreibendem Charakter, wie Angaben von Zeitspannen, werden im schriftlichen nicht genutzt. Dies könnte eventuell daran liegen, dass die Übertragung der mündlichen Formulierung in die schriftliche den Schülerinnen Probleme bereitet. Bei der Beschreibung des zweiten Wasserflohes wird neben der isolierenden Beschreibung ein Vergleich zum ersten Wasserfloh vorgenommen.

„Nach dieser Phase sinkt und steigt die Herzfrequenz, wie bei Wasserfloh 1 unregelmäßig.“

Der Vergleich bezieht sich auf die gleiche Unregelmäßigkeit des Verlaufs des Graphen zum Ende hin. Die Unterschiede, die zu Beginn der Graphen bestehen, werden nicht vergleichend beschrieben (vgl. Kapitel 2.3.6). Betrachtet man die Beschreibungsstile wird deutlich, dass die Schülerinnen die Graphen hauptsächlich ohne den Bezug zu den x- und y-Achsen beschreiben. Wird eine Mathematisierung genutzt, wird lediglich die Zeit benannt. Durch die alleinige Beschreibung des Graphen durch Worte, wie *„nimmt deutlich ab“*, *„ein bisschen hoch, dann geht es runter“*, *„steigt ... zuerst leicht an, sinkt dann wieder“* oder *„eher leicht“* ist die Beschreibung vorwiegend auf einer subjektiven Ebene (vgl. Kapitel 2.3.5). Die objektive Beschreibung mit einer einheitlichen Wortverwendung und konkreten Wertangaben für beispielsweise Zeit und Herzschlagfrequenz fehlen. Die Daten werden allgemein nur gering im Zusammenhang zueinander betrachtet. Eine angemessene Berücksichtigung aller Daten findet nicht statt (vgl. Kapitel 2.3.5).

Nach der Beschreibung der zwei Wasserflöhe wird folgender Schluss aus den Daten mündlich gezogen und anschließend schriftlich fixiert:

„Svenja: Okay, jetzt müssen wir noch schreiben, welche Schlüsse die beiden daraus ziehen. Also Sina und Steffen können aus den Daten ziehen, dass (...) Nikotin die Herzschlagfrequenz (...) wirklich verringert.“

Katharina: ... allerdings kommt es auch auf die Nikotinkonzentration an.“

Diese Formulierung von Svenja und die Ergänzung von Katharina stellt die Interpretation der Daten dar, da die Daten zusammengeführt werden und der Einfluss des Nikotins auf die Herzfrequenz durch die logische Verknüpfung benannt wird. Mit dem Zusatz von Katharina wird deutlich, dass der Vergleich der Daten einen Unterschied aufweist und in der Interpretation aufgezeigt werden soll. Eine kritische Interpretation ist nicht gegeben (vgl. Kapitel 2.3.5; 2.3.6). Die Verwendung der Aussage *„wirklich verringert“* weist darauf hin, dass die Interpretation nicht als spekulativ angesehen wird (vgl. Kapitel 2.3.5). Für die Interpretation der Ursache-Wirkung wird kein fachliches Hintergrundwissen verwendet. Die vorgegebene physiologische Erklärung aus dem Aufgabentext, dass das Nikotin als Nervengift auf die Nerven wirkt, fehlt. Die klare Trennung der Beschreibung von der Interpretation ist ersichtlich. Ein Rückschluss auf die Hypothese wird zum Ende nicht vorgenommen (vgl. Kapitel 2.3.6). Dies ist ein wichtiger fehlender Punkt, da das Experiment dem Zweck diene, die Hypothese zu verifizieren oder zu falsifizieren (vgl. Kapitel 2.3.5). Die Interpretation der Schülerinnen zeigt zudem lediglich die Ursache-Wirkungsrelation auf. Möglich wäre noch eine Interpretation des Verlaufs des Graphen, warum die Schwankungen auftreten. Eine Methodendiskussion und Fehleranalyse wird nicht vorgenommen, sodass die Reflexion über die Genauigkeit und Vertrauenswürdigkeit des Experiments und der Daten fehlt. In dem Zusammenhang wird auch keine Aussage über die mögliche Generalisierung getroffen oder ein Ausblick für die weitere Forschung gegeben (vgl. Kapitel 2.3.5).

5.1.2 Experimentelles Wissenschaftsverständnis von Svenja

Hypothesenbildung

Teilauszüge aus dem Gespräch des Interviews zur Hypothesenbildung und die darin vorkommenden Charakteristika der Hypothesenbildung mit zugeordneten Kerndimensionen des Wissenschaftsverständnisses sind in der Tab. 9 aufgeführt. Im anschließenden Text werden die Inhalte analysiert.

Tabelle 9: Vorstellungen von Svenja zu den Kerndimensionen des Wissenschaftsverständnisses für die Charakteristika des wissenschaftlichen Denkens im Bereich der Hypothesenbildung

Dimension des Wissenschaftsverständnisses (vgl. Abkürzungsverzeichnis)

Charakteristika der Hypothesenbildung	Zitat aus dem Interview	Dimension
Unabhängige Variable	Svenja: Naja erst mal gucken, was für Informationen man hat. Vermutungen aufstellen. Hypothese halt aufstellen.	[H]
	<i>(Schwerpunkt auf dem Licht)</i> Svenja: Ja, weil das so die größte Abweichung war. <i>(Idee mit den Fliegen)</i> Svenja: ... Weil so eine Fliege im Urwald oder so, denk mal, da gibt es eine größere Verbreitung von den ganzen Tieren. Und bei uns da fliegt mal eine vorbei, aber so besonders viele Fliegen gibt es da auch nicht.	[R]
Abhängige Variable		
Zusammenhang	<i>(Vorteil Hypothese mit Zusammenhang der Variablen zu schreiben)</i> Svenja: Vielleicht, dass es ein Außenstehender besser aufnehmen kann und besser versteht.	[R]
	Interviewer: Wie kommt man zu einer Hypothese? Svenja: Das ist ja eigentlich, wenn man eine Frage hat, die man lösen muss, oder eine Aufgabe, die man lösen muss und dann halt so der erste Lösungsweg. Nein erste Lösung aufstellen, womit man dann halt anfängt, die Frage zu lösen.	[SZ]
Richtung des Zusammenhangs	Svenja: Sie <i>(Hypothesen)</i> sagen aus, dass die Pflanzen absterben, weil es in Carolines Zimmer zu wenig Licht gibt und dass sie zu wenig Nahrung bekommen.	[S]
	Svenja: Es liegt an der Dunkelheit in Carolines Zimmer. Interviewer: Was liegt daran? Wie meint ihr das? Svenja: Na daran, dass die, hier steht ja, die Pflanzen werden braun und sterben ab. Und das könnte daran liegen, dass es zu dunkel ist.	[Z]
Empirisch Überprüfbar	Svenja: Dass man sich schon fast sicher ist, dass (...) das es halt so ist und das dann nur nochmal überprüft.	[S]
	Interviewer: Warum stelle ich eine Hypothese überhaupt auf? Svenja: Um eine Idee zu bekommen, wie man das Problem lösen kann. Also (...), um ein Experiment zu (stellen).	[R]
	Svenja: Ja eine Vermutung, die man halt überprüft. Im Prinzip. ... Und dabei stellt sich dann heraus, ob die Hypothese stimmt oder ob sie nicht stimmt.	[E]
	Svenja: Also wenn, wenn man eine Vermutung hat, dann hat man ja auch meistens irgendwie eine Idee, wie man das beweisen kann. Das ist dann ja im Prinzip das Experiment.	[Z]

	<p>Interviewer: Was ist für dich eine Hypothese? Svenja: ... Also es ist vielleicht eher wie eine Antwort.</p>	[SZ]
Alternative Hypothese	<p>Svenja: Ich denke mal, so abgestuft nach der Gravierendheit. Also erst das Größte im Prinzip, das mit der Dunkelheit, dann der zweite größte Wert ist dann mit der Luftfeuchtigkeit und dann so nach dem Motto gearbeitet.</p>	[R]
	<p>Svenja: ... Da haben wir einen Überblick über das Ganze und können das vielleicht besser beantworten. Svenja: Vielleicht zu gucken, was der Hauptgrund ist, warum die Pflanzen absterben. ...</p>	[Z]
Begründung	<p>Interviewer: Also ist es denkbar, dass auch noch andere Gründe biologisch dahinter stecken könnten? Svenja: Ja bestimmt, aber ich denke mal, das ist der Hauptgrund. Svenja: Ich denke mal bei der Begründung ist man sich definitiv sicher, dass es das ist. Und bei einer Hypothese eher unsicher. Also erster Lösungsvorschlag.</p>	[S]
	<p>Interviewer: Was muss man bei einer Begründung beachten? Muss man da was beachten? Svenja: Vielleicht, dass man alles beantwortet, was in der Frage gestellt wurde.</p>	[H]
	<p>Interviewer: ...Wie ist das dann mit der Luftfeuchtigkeit? Die habt ihr jetzt gar nicht weiter begründet, die Hypothese. Svenja: Das erschien dann nicht mehr als ganz so wichtig. Photosynthese als Hauptgrund und das andere dann noch so nebensächlich. Weil Luftfeuchtigkeit, da kann sie in ihrem Zimmer ja auch nicht so viel verändern. Interviewer: Warum habt ihr die zwei unterschiedlichen Begründungen gewählt? Svenja: Hm. Vielleicht so als Reserve, wenn eine Antwort falsch ist, dass man sich auf was Weiteres beschränken kann.</p>	[R]
	<p>Interviewer: Warum wird die Begründung überhaupt gefordert? Ist die wichtig? Svenja: Ja gut, wenn man keine Ahnung hat von Photosynthese und woran es liegt, dann wahrscheinlich schon. Aber wenn man sich von vorherein denken kann, woran es liegt. Ich weiß nicht. Svenja: Also ich denke, sie ist schon wichtig. Interviewer: Wofür? Svenja: Um zu überprüfen, woran es liegt oder damit ihre Pflanzen halt wieder wachsen. Damit sie weiß, woran es liegt und es beheben kann.</p>	[Z]
	<p>Interviewer: Warum habt ihr das aber so kurz aufgeschrieben? (die Hypothesen) Svenja: Wir haben es einfach so kurz wie möglich formuliert.</p>	[K]
Einfachheit, logische Konsistenz, widerspruchsfrei		

Im Bereich der Hypothesenbildung macht die Schülerin Svenja zu sieben Dimensionen des Wissenschaftsverständnisses Aussagen.

Im Bereich der Vorstellungen über das naturwissenschaftliche Wissen werden die Dimensionen „Sicherheit“, „Komplexität“, „Herkunft“ und „Rechtfertigung“ angesprochen. Die „Sicherheit“ der Hypothese wird nicht als gegeben angenommen. Die Hypothese wird von Svenja als Vermutung und ersten „*eher unsicheren*“ Lösungsansatz („*Wir vermuten, dass das und das ist.*“ (vgl. A. 7.3)) beschrieben. Es besteht für die Schülerin keine absolute Unsicherheit bzgl. der Hypothese („*fast sicher*“). Die Hypothese ist für Svenja ein Konstrukt, welches zwischen eher unsicher und fast sicher steht (vgl. A.1). Diese Vorstellung verweist darauf, dass weitere Hypothesen für Svenja in Frage kommen können und somit sich das Wissen entwi-

ckeln kann (vgl. Kapitel 2.1.2; 2.4). Im Gespräch wird die Vorstellung nicht adäquat sprachlich umgesetzt. Es scheint als ob die Sicherheit des Hypotheseninhaltes bereits besteht.

„Interviewer: ... Was sagen eure Hypothesen aus?“

Svenja: Sie sagen aus, dass die Pflanzen absterben, weil es in Carolines Zimmer zu wenig Licht gibt und das sie zu wenig Nahrung bekommen.“

Im Bereich der Begründung der Hypothese wird deutlich, dass die Begründung im Gegensatz zur Hypothese für Svenja „definitiv sicher“ ist. Alternative Begründungen kann es zwar geben, aber der Hauptgrund ist festgelegt. Die Begründung einer Hypothese kann sich somit nicht weiter entwickeln, sondern steht fest (vgl. Kapitel 2.1.2). Die Dimension der „Komplexität“ wird von der Schülerin angewendet, indem sie darauf verweist, dass die Hypothese möglichst einfach und so kurz wie möglich formuliert wurde. Dieser Gedanke der Einfachheit der Hypothese ist durchaus adäquat (vgl. A.1). Jedoch haben die Schülerinnen durch die Beachtung der Einfachheit keine vollständigen Hypothesen formuliert, da der Zusammenhang zwischen den Variablen meist fehlt (vgl. Kapitel 5.1.1). Über die „Herkunft“ der Hypothesen hat Svenja ein klares Verständnis. Die Hypothese ergibt sich für Svenja aus der Analyse von gegebenen Informationen, wie den Standortbedingungen der Pflanzen im Aufgabentext der Diagnoseaufgabe sowie dem verwendeten bestehenden Wissens, wie der Verteilung von Fliegen an den zwei verschiedenen Standorten. Die Analyse und Wissensanwendung dient der Identifizierung der unabhängigen Variable. Die Herkunft der Begründung ergibt sich aus der kompletten Beantwortung der gestellten Frage. Das Studium bestehenden Wissens und die Beantwortung von Fragen trägt nach Svenjas Meinung zur Hypothesenbildung und der Formulierung der Begründung bei (vgl. A.1). Es wird deutlich, dass nicht nur Wissenschaftler Hypothesen und Begründungen aufstellen können (vgl. Kapitel 2.1.2). Aussagen zur Dimension der „Rechtfertigung“ werden im Bereich der unabhängigen Variable gemacht. Die unabhängige Variable Licht stellte für das Schülerpaar die plausibelste Variable für die Erklärung des Phänomens dar, da der Faktor Licht am größten abweicht und somit der gravierendste Faktor ist. Die alternativen Hypothesen stellen weniger gravierende Faktoren dar. Die Verwendung alternativer Hypothesen und damit einhergehenden Begründungen wird damit gerechtfertigt, dass es eine Ausweichantwort gibt, wenn eine Hypothese falsifiziert wird. Dies stellt eine konkrete Vorstellung über die Bedeutung der unabhängigen Variablen und alternativen Hypothesen dar (vgl. A.1). Die Formulierung eines Zusammenhangs in der Hypothese mit abhängiger und unabhängiger Variable rechtfertigt Svenja damit, dass dies die Nachvollziehbarkeit der Hypothese erhöht. Zudem dient die Formulierung der Hypothese der empirischen Überprüfbarkeit und leitet die Experimentplanung an („eine Idee zu bekommen, wie man das Problem lösen kann.“). Dies stellt ein begründetes Urteil für die Charakteristika Zusammenhang und empirische Überprüfbarkeit dar (vgl. Kapitel 2.1.2). Das Anbringen einer Begründung für die Hypothese wird damit gerechtfertigt, wie relevant die Hypothese ist. Die Hypothese, die am plausibelsten ist, wird begründet, während unplausiblere Hypothesen keiner Begründung bedürfen. Der Umgang mit den Hypothesen ist dabei falsch, da jede Hypothese eine begründete Annahme darstellt und somit einer Begründung bedarf (vgl. Kapitel 2.3.1; 2.4).

Im Bereich der Vorstellungen über naturwissenschaftliche Methoden werden die Dimensionen „Empirischer Charakter der Naturwissenschaft“, „Zweck der Naturwissenschaft“ und „Struktur und Ziele von Experimenten“ angesprochen. Der „Empirische Charakter der Naturwissenschaft“ wird von Svenja deutlich angesprochen. Die Hypothese wird immer in einen Zusammenhang mit der empirischen Überprüfbarkeit gebracht: „Ja eine Vermutung, die man

halt überprüft, im Prinzip.“ Zudem wird das Experiment als Erkenntnismethode zur Verifizierung oder Falsifizierung der Hypothese benannt. Der Zusammenhang von Erkenntnissen und der Empirie wird deutlich (vgl. Kapitel 2.1.2). Der „Zweck der Naturwissenschaft“ wird von Svenja umfassend erfasst. Die Schülerin erläutert, dass mehrere unabhängige Variablen dazu dienen können, den „Hauptgrund, warum die Pflanzen absterben“ zu erfassen und somit eine Erklärung für das Phänomen zu finden. Das Aufstellen verschiedener Hypothesen dient einem „Überblick über das Ganze“ zu erlangen und die Frage besser beantworten zu können. Die damit einhergehenden alternativen Begründungen haben den Zweck, als Reserve zu dienen, wenn eine Aussage nicht stimmt. Die Zusammenführung von unabhängigen und abhängigen Variablen wird im Gespräch vorgenommen, womit den Erfahrungen eine Ordnung gegeben wird (vgl. Kapitel 2.1.2).

„Svenja: Es liegt an der Dunkelheit in Carolines Zimmer.

Interviewer: Was liegt daran? Wie meint ihr das?

Svenja: Na daran, dass die, hier steht ja, die Pflanzen werden braun und sterben ab. Und das könnte daran liegen, dass es zu dunkel ist.“

Der Zweck des Experiments als Beweis und die Bedeutung des Experiments zum Finden einer Erklärung wird von Svenja im Gespräch benannt und somit die Bedeutung der empirischen Überprüfbarkeit der Hypothese angeführt. Die Begründung wird auch in einem Zusammenhang zur Überprüfung benannt.

„Svenja: ... wenn Caroline sozusagen überprüft, ob es jetzt an der Photosynthese lag. Ihr Zimmer also heller macht. Und wenn es dann nicht besser wird, dann hat sie noch was Zweites worauf sie sich beziehen kann.“

Hierbei deutete sich die Fehlvorstellung an, dass die Begründung überprüft wird. Dies ist aber nicht der Fall, da beispielsweise die unabhängige Variable Licht als Auslöser für das Absterben überprüft wird und nicht die Photosynthese. Die Photosynthese stellt lediglich die Begründung dar, warum es an der Variable Licht liegen könnte bzw. warum der Faktor Licht überhaupt in Frage kommt (vgl. Kapitel 2.3.1). Dies wird von Svenja nicht erkannt. Eine Hypothesen zu begründen hat nach Svenjas Meinung dann einen Zweck, „wenn man keine Ahnung hat von Photosynthese und woran es liegt“, während sie keinen Zweck hat, „wenn man sich von vornherein denken kann, woran es liegt“. Die „Struktur und Ziele von Experimenten“ werden damit angesprochen, dass sich das Experiment am hypothetisch-deduktiven Verfahren orientiert.

„Interviewer: Wie kommt man zu einer Hypothese?

Svenja: Das ist ja eigentlich, wenn man eine Frage hat, die man lösen muss.

Interviewer: Was ist für dich eine Hypothese?

Svenja: Also es ist vielleicht eher wie eine Antwort.“

Dabei wird die Ableitung der Hypothese aus einer Frage in Form einer „Antwort“ angesprochen.

Experimentplanung

Teilauszüge aus dem Gespräch des Interviews zur Experimentplanung und die darin vorkommenden Charakteristika der Experimentplanung mit zugeordneten Kerndimensionen des Wissenschaftsverständnisses sind in der Tab. 10 aufgeführt. Im anschließenden Text werden die Inhalte erläutert.

Tabelle 10: Vorstellungen von Svenja zu den Kerndimensionen des Wissenschaftsverständnisses für die Charakteristika des wissenschaftlichen Denkens im Bereich der Experimentplanung

Dimension des Wissenschaftsverständnisses (vgl. Abkürzungsverzeichnis)

Charakteristika der Experimentplanung	Zitat aus dem Interview	Dimension
Unabhängige und abhängige Variable wird benannt	<p><i>(Sinn der Hypothese)</i> Svenja: Na damit kann man auch wieder das Experiment planen.</p>	[R]
	<p><i>(Experimentplanung bei Naturwissenschaftlern)</i> Svenja: Ich glaube in dem Fall hätten die das, äh, viel detaillierter gemacht und auch noch mit mehreren Sachen. Also, dass es an mehreren Sachen liegen könnte als an diesem Weißanteil, also wahrscheinlich mit Größe, Farbe und Form. (...) Also die hätten da bestimmt länger für gebraucht und länger geplant und mehr Details einfach.</p>	[Z]
	<p>Interviewer: Warum wählt ihr die Attrappen so, wenn du dir die Hypothese anguckst. Hat das irgendetwas mit der Hypothese zu tun? Welchen Einfluss hat da was? Svenja: Naja, das mit dem Weißanteil. Steht ja auch hier: Der Weißanteil des Weibchens ist ein Auslöser für die S-Krümmung des Männchens. Und das kann man dadurch halt (..) überprüfen.</p>	[SZ]
Unabhängige Variable wird operationalisiert	<p>Interviewer: Wären noch andere Variationen möglich? Svenja: Ich denke schon. Aber für mich sind das eigentlich die sinnvollsten.</p>	[Su]
	<p>Svenja: Dann hat man gutes Vergleichsmaterial. Man kann noch austesten, wie es im Prinzip im Normalfall ist und dann im Extremfall, wenn es ganz groß ist oder so.</p>	[Z]
Anzahl der Ansätze	<p>Svenja: Wenn man nur eine Attrappe hat, dann sieht man ja nur wie es da wäre und hätte kein Vergleichsmaterial. Und wenn man halt mehrere Attrappen hat, dann kann man gucken, wie reagiert es da, wie reagiert es da. Und kann dadurch feststellen, ob es was ausmacht, wenn der Fleck größer oder kleiner ist.</p>	[R]
	<p><i>(3 Attrappen statt 2)</i> Svenja: Ich weiß nicht. Ich denke immer so drei ist ein gutes Mittelding. Eins mit viel, eins mit wenig und eins mit so normal viel. Svenja: Ich denke grundsätzlich sind sie schon alle gleichbedeutend (<i>die Attrappen</i>), aber mit dem mittleren Weißanteil könnte man halt auch so eine Statistik machen. Also in der Regel verhalten sich die Fische so und so.</p>	[Su]
Abhängige Variable wird operationalisiert	<p>Interviewer: Was hab ich davon, wenn ich das mache? (Messen) Svenja: Also hier wird ja gesagt, je größer dieser weiße Fleck ist, äh, sich das Männchen mehrmals krümmt. Und wenn es weniger ist halt weniger. Und (...) wenn man halt weiß wie oft es sich bei einem bestimmten Weißanteil krümmt, dann kann man das vergleichen und dann gucken, ob die Hypothese wahr ist.</p>	[E]

<p>Störgrößen werden kontrolliert</p>	<p>Interviewer: Wie kann ich das beeinflussen, dass das jetzt wirklich nur, das es nur um den Weißanteil geht? Svenja: Na indem man halt die Attrappen alle identisch macht, bis auf diesen weißen Fleck. Interviewer: Was passiert denn, wenn ich zum Beispiel die Größe nicht konstant halten kann. ... Svenja: Naja, da könnten die Werte halt abweichen und ungenau werden. Und dann wissen wir halt nicht, ob es wirklich stimmt. Interviewer: Okay, müsste man für die Durchführung noch irgendwelche konkreten Angaben machen? Svenja: (...) Naja, wie gesagt es könnte ja von der Größe des Aquariums oder der Temperatur abhängen. (...) Also <u>unbedingt</u> super prozentig notwendig ist es, glaub ich auch nicht.</p>	<p>[S]</p>
	<p><i>(Angabe weiße Fleck der Attrappe am Bauch)</i> Svenja: Naja, wenn man das nicht angibt, dann (...) dann wissen die ja nicht genau, wo es weiß ist, ob an der Flosse, am Kopf oder so ist. Und wenn man die genaue Angabe hat dann (...) dann hat man mehr Informationen. <i>(zwei Fischmännchen im Aquarium)</i> Svenja: Naja, wenn man mehrere Fische hat, dann kann man sich nicht so genau auf die Details konzentrieren. Wenn man nur ein Männchen hat, kann man genau gucken, wie verhält sich das und wie oft krümmt sich das.</p>	<p>[R]</p>
	<p><i>(Attrappen nacheinander reinhalten)</i> Svenja: (...) ... wenn sie zwischen drei Weibchen auswählen könnten und eins mit großem Fleck ist, dann schießen die alle auf das eine Weibchen los. Und die anderen werden ignoriert. Und wenn es halt nur eins gibt, dann konzentrieren die sich darauf. <i>(Angabe weiße Fleck am Bauch)</i> Svenja: ... Aber (..) vielleicht ist auch nochmal so ein Faktor, wovon es abhängt, wie oft sich die Männchen krümmen. Aber wir wollen jetzt ja nur wissen (...) ob halt mit der Größe vom Fleck was zu tun hat und nicht von was anderen. Kann ja auch sein, dass es zum Beispiel an der Größe vom Weibchen liegt oder so.</p>	<p>[SZ]</p>
<p>Angabe der Messintervalle</p>		
<p>Angabe der Messwiederholungen</p>	<p><i>(Vorteil mehrerer Männchen)</i> Svenja: Um halt zu gucken, wie die darauf reagieren. Dass es jetzt nicht nur bei diesem einen bestimmten so ist. <i>(Einsatz mehrerer Männchen)</i> Svenja: Ja. Also ich denke nicht, dass es so unbedingt nötig ist, aber um die Ergebnisse vielleicht ein bisschen genauer zu machen, wäre das schon ganz günstig. Svenja: Also ich persönlich würde es jetzt schon machen. <i>(mehrere Messwiederholungen)</i> Aber halt je nachdem wie detailliert oder wie genau man die Ergebnisse haben will, dann mehr oder weniger Männchen.</p>	<p>[S]</p>
	<p>Svenja: Und wenn man halt mehrere hat (Männchen), dann kann man halt gucken, was die Mehrheit von den Fischen halt toll findet.</p>	<p>[Su]</p>

Verifizierung und Falsifizierung der Hypothese ist mit dem Experiment möglich	(Verschriftlichung der Hypothese) Svenja: (...) Ich hab es für wichtig gehalten. Also das man, wenn wir schon so ein Ansatz haben, wie die Lösung ausfällt, dass wir das schon mal hinschreiben können.	[S]
	Interviewer: Inwiefern ist der Vergleich dann dafür wichtig? (<i>Hypothese stimmt oder stimmt nicht</i>) Svenja: (...) Hm. Um zu gucken, ob es halt Unterschiede gibt. ... ob jetzt halt zwischen dem mittleren und dem großen zum Beispiel, wie groß ist, oder ob sich überhaupt irgendwas verändert. Interviewer: Was würde dir den die Durchführung von dem Experiment bringen? ... Svenja: Ja dadurch würde ich ja wissen, ob es jetzt, ob das Paarungsverhalten der Männchen an diesen Weißfleck eben liegt.	[Z]

Im Bereich der Experimentplanung hat die Schülerin Svenja zu den Charakteristika gewisse Vorstellungen. Sieben Dimensionen des Wissenschaftsverständnisses können im Interview identifiziert werden.

Im Bereich der Vorstellungen über das naturwissenschaftliche Wissen tauchen die Dimensionen „Sicherheit“, „Rechtfertigung“ und „Subjektivität“ auf. Die „Sicherheit“ wird im Bereich der Konstanthaltung der Störgrößen behandelt. Svenja erkennt, dass die Reaktion des Männchens auch von Größe oder Form des Guppy-Weibchens abhängig sein kann. Aus diesem Wissen heraus begründet sie, dass die Attrappen identisch sein müssen, da Veränderungen neben dem Weißanteil zu ungenauen bzw. abweichenden Werten führen können und somit nicht gesagt werden könnte, ob die Hypothese „*wirklich stimmt*“. Neben den möglichen Störgrößen an der Attrappe benennt sie weitere Störgrößen, wie „*Größe des Aquariums oder Temperatur des Wassers*“. Die Angabe solcher Werte erachtet Svenja als „*unbedingt super prozentig notwendig ist es, glaub ich auch nicht*“. Die Kontrolle gewisser Störgrößen werden als relevant für die Sicherheit der Ergebnisse angesehen, während andere Größen als nebensächlich erachtet werden (vgl. Kapitel 2.3.3; 2.4). Die Bedeutung der Messwiederholungen wird ebenfalls in Bezug zur Sicherheit der Ergebnisse gebracht. Hierbei zeigt Svenja widersprüchliche Aussagen. Zum einen werden Messwiederholungen mit weiteren Guppy-Männchen als vorteilhaft für die Sicherheit angesehen, wobei die Anzahl der Wiederholungen davon abhängig ist, wie detailliert die Ergebnisse sein sollen. Zum anderen wird gesagt, dass die Wiederholungen nicht notwendig sind.

„Svenja: Ja. Also ich denke nicht, dass es so unbedingt nötig ist (mehrere Messwiederholungen), aber um die Ergebnisse vielleicht ein bisschen genauer zu machen, wäre das schon ganz günstig.“

Die inkonsistente Vorstellung weist darauf hin, dass Svenja nicht abschätzen kann, welche Sicherheit notwendig ist. Im Bereich der Verifizierung und Falsifizierung der Hypothese mittels des Experiments sagt Svenja, dass die Hypothese ein Ansatz zur Lösung darstellt, der im Bereich der Planung bereits beachtet werden soll. Bei der Durchführung eines Experiments ohne Planung wird zudem angebracht:

Svenja: Naja, wenn man was Wichtiges vergisst. Und so dann können die Werte auch wieder ungenau werden und dann kann man das Experiment im Prinzip gleich nochmal machen. Und hat sich ja die Arbeit umsonst gemacht. (vgl. A.7.3)

Hierbei wird die Erhöhung der Sicherheit durch die Planung angesprochen und als wichtig erachtet. Im Bereich der Kerndimension „Rechtfertigung“, wird die detaillierte schriftliche Fixierung des Experiments mit der Nachvollziehbarkeit begründet. Die Angabe der Hypothese

und damit die Benennung der unabhängigen und abhängigen Variable dient der Planung des Experiments und wird als relevant angesehen, um zu wissen, „was gefragt ist“. Die Kontrolle der Variable, wo sich der weiße Fleck der Attrappe befindet, wird mit dem erhöhten Informationsgehalt gerechtfertigt. Die Relevanz als Störgröße wird nicht identifiziert. Ähnlich ist es bei der Verwendung nur eines Guppy-Männchens pro Durchgang des Experiments. Hierbei wird über die bessere Beobachtbarkeit argumentiert, während die Bedeutung der Konkurrenz als mögliche Störgröße nicht angebracht wird. Die Verwendung mindestens zweier Attrappen wird damit gerechtfertigt, dass somit Vergleichsmaterial entsteht und darüber die Hypothese belegt oder widerlegt werden kann. Im Bereich der Variation der unabhängigen Variable äußert sich die Schülerin, dass für sie die von ihr gewählten Variationen, am sinnvollsten sind und macht damit eine Aussage zur „Subjektivität“ von Wissenschaft. Die Aussage verdeutlicht, dass die Wahl der Attrappen subjektiv ist und von anderen Personen anders durchgeführt werden könnte. Die Aussage zur Wahl der drei Ansätze findet ebenfalls auf subjektiver Ebene statt („ein gutes Mittelding“). Einer der drei Ansätze stellt für Svenja die normale Fleckgröße dar. Dies wird nicht deutlich in der Versuchsplanung und ist somit ebenfalls von subjektiver Natur. Die Wahl der Attrappen und die Aussagen von Svenja verdeutlichen, dass die Planung durch eigenständige gedankliche Strukturen geleitet wird und somit der Transsubjektivität unterliegt (vgl. A.1). Als objektive Sichtweise wird die Möglichkeit angesprochen, eine Statistik mit Hilfe der drei Ansätze zu erstellen. Im Bereich der Messwiederholungen wird ebenfalls die Möglichkeit der objektiven Auswertung durch Mehrheitsbetrachtungen angebracht (vgl. Kapitel 2.1.2).

Im Bereich der Vorstellungen über die naturwissenschaftlichen Methoden werden die Dimensionen „Empirischer Charakter der Naturwissenschaft“, „Zweck der Naturwissenschaft“ und „Struktur und Ziele von Experimenten“ verwendet. Eine Aussage zur Operationalisierung der abhängigen Variable lässt sich der Kerndimension „Empirischer Charakter der Naturwissenschaft“ zuordnen. Svenja verweist darauf, welche Bedeutung die Empirie und damit einhergehend das Messen der abhängigen Variable für die naturwissenschaftlichen Erkenntnisse zu der Hypothese mit den Guppys einnimmt. Im Bereich „Zweck der Naturwissenschaft“ wird Bezug zu den unabhängigen Variablen genommen. Svenja führt an, dass neben dem Weißanteil unabhängige Variablen, wie Größe, Farbe und Form der Attrappen beim Experimentieren in diesem Themengebiet relevant sind, um das Phänomen ggf. auf mehrere Faktoren zurückführen zu können (vgl. Kapitel 2.4). Im Bereich der Operationalisierung der unabhängigen Variable wird aufgezeigt, dass durch die dreifache Variation mit Normalfällen und Extremfällen neue Entdeckungen gemacht werden können. Der Zweck der Variation wird als relevant für die Hypothese angebracht, da nur somit Vergleichsmaterial entsteht und Ergebnisse für die Hypothese geliefert werden können (vgl. Kapitel 2.1.2). Der Zweck des Experiments liegt für Svenja darin eine Ursache-Wirkungsrelation auszumachen.

„Svenja: Ja dadurch würde ich ja wissen, ob es jetzt, ob das Paarungsverhalten der Männchen an diesem weißen Fleck eben liegt.“

Die „Struktur und Ziele von Experimenten“ wird im Bereich der Nennung der Variablen und im Bereich der Störgrößen angesprochen. Bei der Nennung der Variablen geht es darum, dass die Hypothese die Variablen vorgibt und diese für das Experiment genutzt werden. Die Struktur des Experiments stellt für Svenja somit ein hypothetisch-deduktives Verfahren dar (vgl. Anhang A.1). Im Bereich der Störgrößenkontrolle wird die Struktur des Experiments mit der Isolation und Kontrolle der unabhängigen Variable angesprochen, indem nur eine Attrap-

pe pro Durchgang genutzt wird und der Fleck immer an der gleichen Stelle ist. Zudem wird angesprochen, dass durch die Kontrolle des Experiments bzw. von Störgrößen erst auf Zusammenhänge geschlossen werden kann.

Im Bereich Vorstellungen über Institutionen und soziale Handhabung, wird die Zusammenarbeit von Wissenschaftlern thematisiert:

„Svenja: ... Protokollieren und dann kann man es auch anderen Leuten zeigen und die können sich auch nochmal Gedanken drüber machen.“ (vgl. A.7.3)

und auf die Bedeutsamkeit der Verschriftlichung hingewiesen.

Datenanalyse

Teilauszüge aus dem Gespräch des Interviews zur Datenanalyse und die darin vorkommenden Charakteristika der Datenanalyse mit zugeordneten Kerndimensionen des Wissenschaftsverständnisses sind in der Tab. 11 aufgeführt. Im anschließenden Text werden die Inhalte erläutert.

Tabelle 11: Vorstellungen von Svenja zu den Kerndimensionen des Wissenschaftsverständnisses für die Charakteristika des wissenschaftlichen Denkens im Bereich der Datenanalyse

Dimension des Wissenschaftsverständnisses (vgl. Abkürzungsverzeichnis)

Charakteristika der Datenanalyse	Zitat aus dem Interview	Dimension
Beschreibung der Daten	<i>(Beschreibung ohne Mathematisierung ist ausreichend)</i> Svenja: Ja, weil man kann von vornherein schon sehen, dass, äh, (..) dass bei dem zweiten Floh halt (...) schlimmere Auswirkungen hat.	[R]
	Svenja: Ja ich hab es halt so beschrieben, wie ich den Graphen gesehen habe.	[Su]
	<i>(Beschreibung des ersten Wasserfloh)</i> Svenja: (...) Naja, wir haben es ja jetzt eher so oberflächlich und grob nur beschrieben. (..) äh, wie sich der Graph verändert. Das hätte man auch detaillierter machen können. Also als Grundsatz, um halt zu erkennen, (..) ob jetzt (..) mit diesem (..) dieser Nikotinkonzentration irgendwas mit dem Herzschlag zusammenhängt. Ist schon ganz okay, denke ich.	[Z]
	Interviewer: Wird deine Beschreibung von irgendwas beeinflusst? Svenja: ... Also eigentlich denke ich nicht.	[SK]
Mathematische Beschreibung der Daten	Interviewer: Warum habt ihr euch dann für „nach wenigen Minuten (statt nach zwei Minuten)“ entschieden? Svenja: ... (...) also ich hielt es jetzt für das Experiment nicht unbedingt für notwendig. Svenja: Naja, ich denke mal, man hätte das schon ein bisschen detaillierter machen können. Mit in dem Zeitabstand verändert es sich so und so. Wir haben es ja jetzt nur grob an der Form festgehalten.	[K]
Vergleich der Daten	Interviewer: Was ist das Wichtige beim Beschreiben? Svenja: Naja in dem Fall hat man ja zwei und (...) dann so im Vergleich, wie verändert sich der Graph und wie verändert sich der Graph. Interviewer: Warum macht ihr diesen Vergleich? Svenja: Na vielleicht, weil man es dann nicht nochmal so detailliert aufschreiben muss, dann kann man halt gucken (...) das ist ähnlich (...) also hier sind die Werte ja auch gar nicht <u>so</u> abweichend voneinander.	[R]

	Svenja: Da kann man halt gucken, ob sich wirklich was verändert. Wenn man jetzt nur einen Graph hat, dann hat man kein Vergleichsmaterial und (...) kann halt nicht sagen, wie es in einem anderen Fall wäre.	[Z]
Interpretation der Daten	Interviewer: Und was ist das Besondere bei einer Interpretation im Vergleich zur Beschreibung oder so? Svenja: (...) Hm, bei einer Interpretation vielleicht, dass man so ein bisschen um die Ecke denkt und halt auch Sachen einbringt, die nicht so offensichtlich sind, wie das, dass halt hier (...) deutlicher sinkt als bei dem anderen.	[K]
	Interviewer: Was verstehst du unter einer Interpretation der Daten? Svenja: ... ja im Prinzip so eine Zusammenfassung von dem, was man sich aus dem Diagramm erstmals so erschließen kann.	[R]
	<i>(Unterschied Beschreibung und Interpretation)</i> Svenja: (...) Na bei einer Beschreibung, da (...) erzählt man eigentlich nur die Sachen die man genau sieht, von denen man weiß, sie sind da. Und bei Interpretation (...), das ist auch so stückweit die Vermutung.	[Su]
	Svenja: Ja dadurch weiß man halt, dass (...) je mehr Nikotin enthalten ist, dass die Herzfrequenz sinkt. Also je mehr da drin ist, desto schlechter ist es halt.	[Z]
	Interviewer: Warum beschreibt ihr erst und interpretiert dann im Anschluss? ... wäre es anders herum auch denkbar? Svenja: (...) Ja, es wäre schon denkbar, aber es ist halt sinnvoller, wenn man es sich vorher anguckt und darüber nachdenkt.	[SZ]
	Interviewer: Gab es irgendwelche Faktoren ... die dich beeinflusst haben beim Interpretieren? Svenja: ... (...) Nein eigentlich nicht, weil alle Informationen waren hier drauf und es hat sich halt bestätigt.	[SK]
	Verwendung von Fachwissen bei der Interpretation	<i>(Interpretation von Wissenschaftlern)</i> Svenja: (...) Nein denke ich nicht, die hätten das wahrscheinlich eher, äh, (...) genauer und wissenschaftlicher gemacht.
Generalisierende Interpretation	Interviewer: Also wäre jetzt eine Übertragung auf irgendein anderes Lebewesen nicht sinnvoll? Svenja: (...) Also ja, man könnte es schon machen, aber (...) man müsste halt im Prinzip nochmal ein neues Experiment machen.	[E]
Rückschluss auf die Hypothese	Interviewer: Du hast gesagt, eigentlich hat sie mit der Hypothese Recht. Svenja: ... auf den Text hier oder auf Vorwissen oder so Nervengifte. (...) Da kann man sich eigentlich gleich denken, daran liegt es schon. Interviewer: Wie sicher würdest du die Daten bewerten? Svenja: Naja geht so sicher, die hätten das mit Sicherheit noch viel detaillierter machen können. Aber (...) die wollten ja nur wissen, ob Nikotin halt (...) ob eine höhere Nikotinkonzentration in dem Tabak eben mehr Auswirkung drauf hat und das haben sie im Prinzip schon rausgefunden, also ist es nicht not (...) notwendig, dass so detailliert zu machen.	[S]
Methodendiskussion	Interviewer: Wie würdest du die Planung von dem Experiment bewerten? Svenja: (...) Also ich denke, es ist schon ganz gut gelungen. Aber also, wenn sie es detaillierter hätten haben wollen, dann hätten sie noch mehr Flöhe nehmen können und das mit denen testen können. Aber das ist schon ganz gut geworden.	[S]
	Svenja: ich find es <i>(das Experiment)</i> gut so, weil sie ja rausgefunden haben, was sie wissen wollten.	[SZ]
Fehleranalyse	Svenja: Also wenn man sich vielleicht sicher ist, dass irgendwas ungenau ist oder dass irgendwas nicht stimmt.	[S]

Sicherheit der Interpretation	<p>Interviewer: Ist es denkbar, dass jemand hier was anderes interpretiert als ihr?</p> <p>Svenja: (...) Also (...) das könnte bei anderen wahrscheinlich schon passieren, aber in dem Fall würde ich es jetzt nicht sagen, weil es ja offensichtlich ist.</p> <p>Interviewer: Wie sicher ist euer neues Wissen, dass Tabak einen Einfluss auf die Herzfrequenz hat?</p> <p>Svenja: Ich würde sagen ziemlich sicher. ... (...) Na es gibt ja (...) es gibt ja verschiedene Tabaksorten im Prinzip. Man kann das ja nicht verallgemeinern (...)</p> <p>Interviewer: Als wie sicher bewertest du ... <i>(die Interpretation)</i></p> <p>Svenja: Ganz sicher.</p>	[S]
	<p>Interviewer: Was könnte das für einen Grund haben, dass eine andere Person das anders interpretiert?</p> <p>Svenja: Das kann ich jetzt nicht genau sagen, weil es eigentlich für mich sinnvoll, dass man das von vornherein versteht, dass da was passiert.</p>	[SK]
Ausblick	<p><i>(Hypothese widerlegt)</i></p> <p>Svenja: ... Also für mich würde es jetzt halt sagen, dass ich halt was Falsches dabei gedacht hatte. Also eine falsche Lösung im Prinzip. (...) Keine Ahnung schlechte Bionote oder irgendwie (...), dass (...) das, äh, (...) Experiment wiederholen. Und für einen Wissenschaftler, wenn er das behauptet und ein paar mehr Menschen denken das halt und es wird widerlegt, dass es falsch ist, dann wird er unglaubwürdig und kann halt sein Job verlieren.</p> <p><i>(Hypothese bestätigt)</i></p> <p>Svenja: (...) Ja dann weiß man halt mehr und (...) fertig.</p> <p><i>(Bedeutsamkeit der Ergebnisse)</i></p> <p>Svenja: Äh, (...) vielleicht (...) für Ärzte, die Leute behandeln die besonders tabakabhängig sind oder so. (...) Die können halt gucken, wie (weit) verschlechtert sich das so und können dann sagen, hören sie bitte auf, das zu nehmen.</p>	[SK]

Im Bereich der Datenanalyse benennt die Schülerin Svenja neun Dimensionen des Wissenschaftsverständnisses.

Im Bereich der Vorstellungen über das naturwissenschaftliche Wissen werden die Dimensionen „Sicherheit“, „Komplexität“, „Herkunft“, „Rechtfertigung“ und „Subjektivität“ angesprochen. Zur Dimension der „Sicherheit“ macht Svenja Aussagen über die Sicherheit beim Rückschluss auf die Hypothese. Svenja bewertet die Hypothese bereits vor der Beschreibung und Interpretation als richtig, aufgrund des Wissens über Nervengifte. Die Hypothese wird letztlich bestätigt, trotz der Unsicherheit der Daten, da das erwartete Ergebnis herausgekommen ist. Die Sicherheit der Ergebnisse aus dem Experiment werden als „gut gelungen“ bezeichnet, wobei Verbesserungsvorschläge im Sinne einer Methodendiskussion genannt werden. Die Durchführung der Fehleranalyse wird für Svenja nur dann durchgeführt, „wenn man sich vielleicht sicher ist, dass irgendwas ungenau ist oder dass irgendetwas nicht stimmt“. Die Sicherheit der Interpretation wird von Svenja einmal als ziemlich sicher und am Ende als ganz sicher eingeschätzt (vgl. Kapitel 2.4). Die Einschränkung bezieht sich dabei auf die Sicherheit für andere Tabaksorten. Alternative Interpretationen sind für sie in dem Kontext der Wasserflöhe nicht denkbar und somit ist die Entwicklung der Erkenntnisse diesbezüglich abgeschlossen (vgl. Kapitel 2.1.2). Die „Komplexität“ der Beschreibung der Daten mit Hilfe von Mathematisierungen hält Svenja für nicht unbedingt notwendig, trotz einer möglichen Detailliertheit. Die Interpretation wird von Svenja als komplexes Gefüge gesehen, da das „um die Ecke“ Denken notwendig ist und nicht nur offensichtliche Aspekte eingebracht

werden (vgl. Kapitel 2.3.3). Die Verwendung von vertiefendem Fachwissen für die Interpretation wird vor allem Wissenschaftlern zugeschrieben. Im Bereich der „Herkunft“ spricht Svenja an, dass die Angabe des Experiments für die Datenanalyse grundlegend und damit klar ist, woher die Daten stammen.

„Svenja: Ich denke schon, dass das wichtig ist, damit man, äh, genau weiß, wie sind die jetzt auf die Werte gekommen. ... ich denke ohne das Vorwissen würde man mit dem Graphen zum Beispiel überhaupt nichts anfangen können.“ (vgl. A.7.3)

In der Kerndimension der „Rechtfertigung“ wird die Beschreibung ohne Mathematisierungen damit begründet, dass bereits die Beschreibung des groben Kurvenverlaufs für die Interpretation ausreicht. Wichtig wird für die Beschreibung der Vergleich angesehen, da er dem Verkürzen der Beschreibung nützt. Die Interpretation der Daten „stellt im Prinzip eine Zusammenfassung von dem, was man sich aus dem Diagramm erstmals so erschließen kann“ dar. Der Einfluss der „Subjektivität“ bei der Datenanalyse wird deutlich, da Svenja sagt „ich hab es halt so beschrieben, wie ich den Graphen gesehen habe“. Allgemein bewertet sie die Beschreibung als objektiv, während die Interpretation subjektiven Einflüssen unterliegt. Die allgemeine Vorstellung der Beschreibung stimmt nicht konsistent mit der obigen Aussage überein.

Im Bereich der Vorstellungen über die naturwissenschaftliche Methode werden die Dimensionen „Empirischer Charakter der Naturwissenschaft“, „Zweck der Naturwissenschaft“ und „Struktur und Ziele von Experimenten“ angesprochen. Der „Empirische Charakter der Naturwissenschaft“ wird im Bereich der Generalisierung der Interpretation benannt. Svenja sagt, dass neue Erkenntnisse aus Experimenten entstehen und nicht einfach generalisiert werden können (vgl. Kapitel 2.4). Zum „Zweck der Naturwissenschaft“ äußert sich Svenja im Bereich der Beschreibung und dem Vergleich der Daten. Die zwei Charakteristika dienen dem Erkennen von Erklärungen, wobei die Beschreibung ohne mathematische Werte ihr genügt. Der Zweck der Interpretation wird ebenfalls im Finden der Erklärung gesehen. Bei der Dimension „Struktur und Ziele von Experimenten“ sagt Svenja, dass die Interpretation nach der Beschreibung folgt, da somit das Nachdenken angeregt wird. Hierbei wird der hypothetisch-deduktive Charakter der Naturwissenschaft angesprochen. Im Bereich der Methodendiskussion wird gesagt, dass die Überprüfung des Experiments auf die Gütekriterien nicht notwendig ist, da das erwartete Ergebnis herauskam.

Im Bereich der Vorstellungen über Institutionen und soziale Handhabungen äußert sich die Schülerin ebenfalls. Die Beschreibung und Interpretation wird ihrer Meinung nach von nichts beeinflusst. Einen Grund für andere Interpretationen kann sich Svenja nicht erklären. Die Widerlegung der Hypothese hat für Svenja auf lokaler Ebene eine Bedeutung. Auf Ebene des Wissenschaftlers bringt sie den Verlust des Rufs und die Folge eines Jobverlustes an. Die Bestätigung der Hypothese bringt lediglich den Zugewinn an Wissen. Der Nutzen für andere Bereiche, wie Ärzte, wird benannt.

5.2 Fallanalyse Lisa und Stephanie

5.2.1 Charakteristika des wissenschaftlichen Denkens beim Experimentieren

Hypothesenbildung

Die schriftlichen Lösungen und Teilauszüge aus dem Gespräch des Schülerpaares Lisa und Stephanie zur Diagnoseaufgabe „Kannenpflanze“ und die darin vorkommenden Charakteristika der Hypothesenbildung sind in der Tab. 12 aufgeführt. Im anschließenden Text werden die Inhalte erläutert.

Tabelle 12: Verwendete Charakteristika der Hypothesenbildung des Schülerpaares Lisa und Stephanie in den chronologischen Daten der schriftlichen Lösung und des lauten Denkens.

Charakteristika der Hypothesenbildung:

- | | |
|---------------------------|--|
| [1] Unabhängige Variable | [2] Abhängige Variable |
| [3] Zusammenhang | [4] Richtung des Zusammenhangs |
| [5] Empirisch überprüfbar | [6] Alternative Hypothesen |
| [7] Begründung | [8] Einfachheit, logische Konsistenz, widerspruchsfrei |

Daten der schriftlichen Lösung	Charakteristika	Daten des lauten Denkens	Charakteristika
1) Draußen ist es nachts <u>kalt</u> , <u>im Schlafzimmer nicht</u> .	[1] [7]	<p>Stephanie: ... <u>Stephanie liest die Aufgabe zu Ende. Die Photosynthese funktioniert nicht richtig.</u></p> <p>Lisa: ... die haben auch keine <u>Fliegen</u> (..) zum Fressen. ... <u>nicht so viel wie draußen</u>. Aber die haben auch ähm, <u>die haben ja nachts kälter und hier haben sie nachts nicht kälter.</u></p> <p>Stephanie: (...) Hm und sie haben kaum <u>Licht</u>. (...) Die <u>Luftfeuchtigkeit</u> ist zu gering.</p> <p>Stephanie: [Das ist] <u>das es nachts da ja kühler wird und im Schlafzimmer es immer gleich ist. Die Heizung verstellt. Aber das ist ja immer so. Sind Temperaturkonstante.</u></p> <p>Lisa: Ja aber, was hat das eigentlich mit der Pflanze zu tun oder ich meine, wieso braucht sie warm und kalt?</p> <p>Stephanie: <u>Ein Kaktus braucht auch manchmal kalt.</u></p> <p>Stephanie: [<u>Luftfeuchtigkeit</u>] ist zu gering.</p> <p>Lisa: Also die nehmen auch was über die <u>Blätter auf</u>.</p>	[7] [1,6] [7] [1,7] [1,6] [1,7] [7] [1,6] [7]
2) Im tropischen Bergland ist die <u>Luftfeuchtigkeit höher als im Schlafzimmer</u> . <u>Vielleicht nehmen die Kannenpflanzen Wasser aus der Luft auf, durch so Membranen an der Kanne oder so. Wenn sie nicht genug aufnehmen können, trocknen sie aus.</u>	[1,6,7] [7] [2,3,4,5]	<p>Lisa: ... <u>Vielleicht nehmen ja auch die Dinge das durch die Luft auf. Irgendwie so. Und dann wenn sie weniger Luftfeuchtigkeit haben können sie weniger aufnehmen und dann trocknen sie (...)</u></p> <p>Stephanie: ... <u>Da ist doch irgend so eine komische Flüssigkeit drinnen oder</u></p>	[2,3,4,5,7] [7]

<p>3) Vielleicht brauchen sie auch einfach mehr <u>Licht, so wie die Gänseblümchen, die ihre Blüten erst öffnen, wenn sie Licht kriegen.</u></p>	<p>[1,6] [7]</p>	<p>so eine Geruch, der die Tiere dann anzieht, damit die da reinfliegen. Vielleicht kann das nur mit einer bestimmten Luftfeuchtigkeit so produziert werden. Lisa: <u>Oder sie trocknen einfach aus. Oder diese Flüssigkeit, die die verdaut ja die Tiere Vielleicht verdauen die sich ja dann selber, wenn sie nicht genug Luftfeuchtigkeit haben.</u> Stephanie: Dass die <u>Licht</u> brauchen. (...) Weil bei den (..) <u>War das bei den Sonnenblumen? Nein gar nicht, bei den Gänseblümchen. Die gehen doch, wenn sie kein Licht bekommen immer wieder zu. Und gehen morgens wieder auf.</u></p>	<p>[2,7] [1,6] [7]</p>
<p>4) Eventuell fehlen ihnen auch die <u>Fliegen</u>, denn dadurch, dass sie die Fliegen fressen, <u>nehmen sie bestimmte Nährstoffe auf. Also fehlen die Nährstoffe, wenn die Fliegen fehlen.</u></p>	<p>[1,6] [7]</p>	<p>Lisa: Keine <u>Fliegen</u> zum Fressen. Stephanie: <u>Es gibt doch aber im Zimmer noch Fliegen. ... [Ok im Regenwald] gibt es mehr.</u> Stephanie: ... meinst du die brauchen überhaupt Fliegen? Lisa: Ja. Stephanie: Die haben ja keinen Magen.</p>	<p>[1,6] [7]</p>
	<p>[8]</p>	<p>Lisa: (..) Ja aber so was Ähnliches. <u>Die haben ja die Flüssigkeit, die ist ja in den (..) die verdaut die. Und dann nehmen die wahrscheinlich irgendwelche Nährstoffe auf, sonst wäre es ja sinnlos. (..)</u></p>	<p>[7] [8]</p>

Das Schülerpaar Lisa und Stephanie stellt insgesamt vier Aussagen auf. Dies verweist auf eine Hypothesenvielfalt (vgl. Kapitel 2.3.2). Bevor das erste schriftliche Ergebnis fixiert wird, sammeln die Schülerinnen im Gespräch die möglichen unabhängigen Variablen.

„Lisa: ... die haben auch keine Fliegen (..) zum Fressen. ... nicht so viel wie draußen. Aber die haben auch ähm, die haben ja nachts kälter und hier haben sie nachts nicht kälter.
Stephanie: (...) Hm und sie haben kaum Licht. (...) Die Luftfeuchtigkeit ist zu gering.“

In dem Gespräch werden die vier unabhängigen Variablen Temperatur in der Nacht, Luftfeuchtigkeit, Licht und Fliegen mündlich gesammelt. Nach der Sammelphase fixieren die Schülerinnen die einzelnen Hypothesen nacheinander schriftlich und geben jeweils eine Begründung mündlich und zum Teil schriftlich dazu an. Das erste schriftliche Ergebnis „*Draußen ist es nachts kalt, im Schlafzimmer nicht.*“ enthält die unabhängige Variable Temperatur in der Nacht. Bei der Aussage handelt es sich formal um keine Hypothese, da die Aussage keine Prognose oder Wahrscheinlichkeitsaussage (vgl. Kapitel 2.3.1), sondern eine offensichtliche Begründung darstellt. Im Gespräch wird die unabhängige Variable Temperatur in der Nacht benannt und mit Hilfe einer Alltagsanalogie erläutert.

„Lisa: Ja aber, was hat das eigentlich mit der Pflanze zu tun oder ich meine, wieso braucht sie warm und kalt?
Stephanie: Ein Kaktus braucht auch manchmal kalt.“

Diese Art der Begründung zeigt kein vertiefendes Fachwissen. Die Übertragung der Alltagsanalogie vom Kaktus auf die Kannenpflanze wird nicht näher erläutert sowie nicht schriftlich fixiert. Im zweiten Ergebnis:

„Im tropischen Bergland ist die Luftfeuchtigkeit höher als im Schlafzimmer. Vielleicht nehmen die Kannenpflanzen Wasser aus der Luft auf, durch so Membranen an der Kanne oder so. Wenn sie nicht genug aufnehmen können, trocknen sie aus.“

wird die Luftfeuchtigkeit als unabhängige Variable benannt. Hier wird Bezug darauf genommen, dass die Luftfeuchtigkeit im Schlafzimmer im Vergleich zu den natürlichen Standortbedingungen nicht hoch genug ist. Dies stellt eine offensichtliche Begründung dar, weshalb die Luftfeuchtigkeit als mögliche unabhängige Variable in Frage kommt. Nach der offensichtlichen Begründung wird versucht die Relevanz der Luftfeuchtigkeit fachwissenschaftlich zu begründen. Im Gespräch wird die fachliche Begründung wie folgt vorgenommen:

„Stephanie: [Luftfeuchtigkeit] ist zu gering.

Lisa: Also die nehmen auch was über die Blätter auf.

Lisa: ... Vielleicht nehmen ja auch die Dinger das durch die Luft auf irgendwie so. Und dann, wenn sie weniger Luftfeuchtigkeit haben, können sie weniger aufnehmen und dann trocknen sie (...)

Stephanie: ... Da ist doch irgend so eine komische Flüssigkeit drinnen oder so eine Geruch, der die Tiere dann anzieht, damit die da reinfliegen. Vielleicht kann das nur mit einer bestimmten Luftfeuchtigkeit so produziert werden.

Lisa: Oder sie trocknen einfach aus. Oder diese Flüssigkeit, die verdaut ja die Tiere. Vielleicht verdauen die sich ja dann selber, wenn sie nicht genug Luftfeuchtigkeit haben.“

Die fachliche Begründung, dass die Pflanze Wasser aus der Luft aufnimmt, stellt ein falsches fachliches Konzept dar. Die Unsicherheit bei der Verwendung des Konzepts wird deutlich, da Lisa das Wort „vielleicht“ verwendet. Die weitere fachliche Begründung über den Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf die Flüssigkeit in den Kannen ist ebenfalls mit Unsicherheit behaftet. Dies zeigt, dass den Schülerinnen fachliches Wissen fehlt, um begründen zu können, warum sie die Luftfeuchtigkeit als unabhängige Variable gewählt haben. Schriftlich wird die Begründung der Wasseraufnahme aus der Luft mit Hilfe der Membran erklärt. Der letzte Teil der Aussage „Wenn sie nicht genug aufnehmen können, trocknen sie aus.“ kann formal als Hypothese angesehen werden, da die Luftfeuchtigkeit als unabhängige Variable im Wenn-Teil steht und die abhängige Variable des Austrocknens im dann-Teil (vgl. Kapitel 2.3.1). Der restliche Teil der Aussage stellt die offensichtliche und fachwissenschaftliche Begründung dar. In der dritten Aussage beziehen sich die Schülerinnen auf die unabhängige Variable Licht. Die Aussage stellt formal keine Hypothese dar, da der Bezug zu den Variablen fehlt und es sich um keine Wahrscheinlichkeitsaussage handelt (vgl. Kapitel 2.3.1). Die fachwissenschaftliche Begründung, warum das Licht in Frage kommen könnte, bringt Stephanie bereits beim Lesen der Aufgabenstellung an.

„Stephanie: Die Photosynthese funktioniert nicht richtig.

Lisa: (...) Hm. (...) aber die Dinger sind ja eh rot und nicht grün, also haben sie ja nicht so viele Zellochlo. Wie heißen die?

Stephanie: Chloroplasten oder so was.“

Die Reaktion von Lisa lässt fachliche Probleme erkennen. Der Gedanke wird nicht noch einmal aufgegriffen und somit auch nicht schriftlich fixiert. Hingegen wird die Verwendung des Lichtes wieder mit einer Alltagsanalogie, diesmal zu Gänseblümchen, begründet.

„Stephanie: Dass die Licht brauchen. (...) Weil bei den (..) War das bei den Sonnenblumen? Nein gar nicht, bei den Gänseblümchen. Die gehen doch, wenn sie kein Licht bekommen immer wieder zu. Und gehen morgens wieder auf.“

Der Bezug von Gänseblümchen und Kannenpflanze wird, wie bei der Analogie mit dem Kaktus, nicht weiter erläutert. Im Gegensatz zu der Analogie mit dem Kaktus wird diese Begrün-

dung schriftlich fixiert. Als letztes beschäftigen sich die Schülerinnen mit der unabhängigen Variable Fliegen. Dazu wird die folgende Aussage fixiert: *„Eventuell fehlen ihnen auch die Fliegen, denn dadurch, dass sie die Fliegen fressen, nehmen sie bestimmte Nährstoffe auf. Also fehlen die Nährstoffe, wenn die Fliegen fehlen.“* Der erste Teil der Aussage stellt eine Überlegung und nicht eine Hypothese dar. Der zweite Teil beinhaltet die fachwissenschaftliche Begründung. Im Gespräch verständigen sich die Schülerinnen darüber, warum die Fliegen in Frage kommen, bevor sie die Aussage schriftlich fixieren.

„Stephanie: Es gibt doch aber im Zimmer noch Fliegen. ... [Ok im Regenwald] gibt es mehr.

Stephanie: ... meinst du die brauchen überhaupt Fliegen?... Die haben ja keinen Magen.

Lisa: (...) Ja aber so was Ähnliches. Die haben ja die Flüssigkeit, die ist ja in den (...) die die verdaut die. Und dann nehmen die wahrscheinlich irgendwelche Nährstoffe auf, sonst wäre es ja sinnlos.“

Im Gegensatz zur schriftlichen Fixierung werden im Gespräch eine offensichtliche Begründung am Anfang und eine fachwissenschaftliche am Ende besprochen.

In den vier Aussagen, wobei nur eine formal Hypothese vorliegt, werden jeweils die plausiblen unabhängigen Variablen mittels der Diagnoseaufgabe und Alltagswissen aufgegriffen. Dies lässt darauf schließen, dass die Schülerinnen den Kern einer Hypothese mit dem Benennen der plausiblen unabhängigen Variable erfasst haben und das Prinzip der Isolierung wirksamer Faktoren von weniger wirksamen Faktoren anwenden können (vgl. Kapitel 2.3.1). Bei den schriftlich fixierten Aussagen außer der zweiten Aussage fehlt der Bezug der unabhängigen Variable zur abhängigen Variable (vgl. Kapitel 2.3.4). Somit können aus den Aussagen ohne diesen Bezug keine Prognosen abgeleitet werden, womit die Aussagen nicht empirisch überprüfbar sind und die Verifizierung und Falsifizierung der aufgestellten Aussagesysteme nicht möglich ist (vgl. Kapitel 2.3.1). Bei der zweiten Hypothese wurde als einziger der Zusammenhang dargestellt und somit die empirische Überprüfbarkeit ermöglicht. Die Begründungen der Schülerinnen lassen sich in drei Arten von Begründungen untergliedern. Zum einen gibt es die offensichtliche Begründung mit Hilfe des Aufgabentextes der Diagnoseaufgabe, die fachwissenschaftliche Begründung mit Hilfe von Fachkonzepten der Biologie und zum anderen die Begründung mit Hilfe von Alltagsanalogien. Die fachwissenschaftlichen Begründungen sowie das Fachwissen der Schülerinnen weisen erhebliche Defizite auf (vgl. Kapitel 2.3.2). Darauf verweist eine Schülerin selbst.

„Lisa: Wir sollen das aber mit biologischem Wissen begründen. Das haben wir aber leider nicht.“

Vor allem hatten die Schülerinnen Probleme, mit dem Begriff Staunässe etwas anzufangen. Zum Teil werden Schlagwörter der Biologie verwendet, ohne deren Bedeutung wirklich zu kennen. In den Begründungen auf fachwissenschaftlicher Basis wird deutlich, dass die Schülerinnen versuchen, die Aussagen unter bestehendem Wissen aufzustellen (vgl. Kapitel 2.3.1). Die aufgestellten Aussagen der Schülerinnen sind nur grob wissenschaftlich fundiert, da ihnen das Fachwissen fehlt. Die Verwendung der offensichtlichen Begründungen verweist darauf, dass die unabhängigen Variablen vorwiegend intuitiv mit Hilfe grober Fachkonzepte festgestellt wurden (vgl. Kapitel 2.3.1). Im Bildungsprozess der Hypothese sind aber keine Widersprüche zu bestehenden Theorien oder logische Inkonsistenzen zu beobachten.

Experimentplanung

Die schriftlichen Lösungen und Teilauszüge aus dem Gespräch des Schülerpaares Lisa und Stephanie zur Diagnoseaufgabe „Attrappenversuche mit Guppys“ und die darin vorkommen-

den Charakteristika der Experimentplanung sind in der Tab. 13 aufgeführt. Im anschließenden Text werden die Inhalte erläutert.

Tabelle 13: Verwendete Charakteristika der Experimentplanung des Schülerpaares Lisa und Stephanie in den chronologischen Daten der schriftlichen Lösung und des lauten Denkens.

Charakteristika der Experimentplanung:

- [1] Unabhängige Variable wird benannt
- [2] UV wird operationalisiert
- [3] Anzahl der Ansätze
- [4] Abhängige Variable wird benannt
- [5] AV wird operationalisiert
- [6] Störgrößen werden kontrolliert
- [7] Angabe der Messintervalle
- [8] Angabe der Messwiederholungen
- [9] Verifizierung und Falsifizierung der Hypothese ist mit dem Experiment möglich

Daten der schriftlichen Lösung	Charakteristika	Daten des lauten Denkens	Charakteristika
<p>Vermutung: Je größer der weiße Fleck, desto stärker das Balzverhalten eines Männchens. Dafür braucht man: Aquarium, ein Weibchen aus Knete (1x mit <u>kleinem weißen Fleck</u>, 1x mit <u>normal-großem weißen Fleck</u> und 1x mit <u>großem weißen Fleck</u>) an einem Faden, <u>ein echtes Fischmännchen und noch eins.</u></p> <p>Versuchsaufbau: (Aquarium mit einer weiblichen Attrappe an einem Faden und einem männlichen Guppy, eine Pflanze befindet sich im Aquarium)</p> <p>Versuchsdurchführung: <u>Erst setzt man das Männchen ins Aquarium. Danach hält Stephanie das erste Weibchen-Attrappen-Fisch mit dem kleinen weißen Fleck ins Wasser. Jetzt beobachtet man das Männchen. Danach hängt man jeweils die anderen beiden Attrappen ins Wasser und beobachtet wieder das Verhalten des Männchens. Danach macht man das Gleiche mit</u></p>	<p>[1,2,3]</p> <p>[8]</p> <p>[6]</p> <p>[4]</p> <p>[6]</p> <p>[6]</p>	<p>Lisa: [Also] beim Versuch brauchen wir Geräte Materialien. (...) Lisa: ... Dann (...) ein Knetweibchen. (...) Oder ein Weibchen aus Knete. Stephanie: <u>Mit großem weißen Fleck.</u> [Oder] Lisa: [Einmal] mit Stephanie: <u>kleinem und einmal mit großem.</u> Oder? Lisa: Oder wir <u>machen drei.</u> Lisa: ... Und einen echtes Stephanie: =[Männchen]. Lisa: =[Fischmännchen]. <u>Oder wir nehmen zwei Männchen,</u> weil vielleicht ist das eine ja ein bisschen komisch. Lisa: ... und dann (...) kommt ein Versuchsaufbau. Lisa: ... <u>Wir müssen paar Blumen [reinstellen].</u> Stephanie: [och Gott]. Lisa: Ja die Fische müssen sich ja auch wohl fühlen. Stephanie: <u>Und dann noch ein Männchen da hin.</u> [Das ...] Lisa: [Aber du] vielleicht wollen die dann konkurrieren. Lisa: ... So. Dann Durchführung. ... <u>Erst setzt [man]</u> Stephanie: <u>[das Männchen rein].</u> Lisa: Das Männchen in das Aquarium. <u>Danach</u> Stephanie: <u>=kommt das Weibchen.</u> Lisa: ... das erste Weibchen- Attrappen- Fisch. ... <u>mit dem kleinem</u> Stephanie: <u>weißen Fleck.</u> Lisa: <u>weißen Fleck in das Wasser. Jetzt beobachtet man das (...) Männchen.</u> [Danach] Stephanie: <u>[Danach macht man dasselbe] mit den zwei anderen Fischen.</u></p>	<p>[1,3]</p> <p>[1,2,3]</p> <p>[1,2,3]</p> <p>[8]</p> <p>[6]</p> <p>[6]</p> <p>[6]</p> <p>[4]</p> <p>[6]</p>

dem <u>anderen Männchen</u> .	[8]	Lisa: hängt man jeweils die anderen beiden ... Attrappen in das Wasser [und] Stephanie: <u>[beobachtet (...)]wie das Verhalten des Männchen</u>	[4]
	[9]	Lisa: <u>[beobachtet] wieder das Verhalten des Männchen. Äh. <u>Und danach machen wir das mit dem anderen Männchen.</u></u>	[8] [9]

Die Schülerinnen planen gemeinsam ein Experiment mit der unabhängigen Variable des Weißanteils und der abhängigen Variable des Verhaltens des Guppy-Männchens. Durch die Verwendung dieser Variable und die Angabe der Hypothese in schriftlicher Form wird deutlich, dass die Schülerinnen auf die Hypothese beim Planen des Experimentes zurückgreifen (vgl. Kapitel 2.3.3; 2.3.4). Bei der Planung des Experiments orientieren sich die Schülerinnen am Schreiben eines Protokolls aus dem Physikunterricht, dies wird durch Aussagen, wie „*Wir sehen das ja (gerade in) Physik.*“ oder „*dann (...) kommt ein Versuchsaufbau. Ich hab in Physik auf gepasst.*“ (vgl. A.7.1.6) deutlich. Die Planung des Experiments besteht bei den Schülerinnen aus der Angabe der Vermutung, den notwendigen Materialien, dem Versuchsaufbau und der Versuchsdurchführung. Durch die Thematisierung der einzelnen Punkte kommen die Schülerinnen zu ihrem Experiment.

Im Bereich der Materialienangabe geben die Schülerinnen die unabhängige Variable des Weißanteils des Weibchens in dreifacher Variation an. Im Gespräch kommen die Schülerinnen von einem Ansatz, zu zwei Ansätzen und letztendlich zu drei Ansätzen. Der Grund, weshalb drei Ansätze letztlich gewählt werden, wird nicht angebracht. Bei der schriftlichen Fixierung werden die drei Ansätze, wie folgt, konkretisiert: „*1x mit kleinem weißen Fleck, 1x mit normalgroßem weißen Fleck und 1x mit großem weißen Fleck*“. Die Formulierung normalgroß deutet darauf hin, dass eine Attrappe der Realität in Bezug auf die Größe des Weißanteils des Weibchens entsprechen soll, während die anderen Attrappen Minimum und Maximum bzgl. der Größe darstellen. Die unabhängige Variable des Weißanteils des Guppy-Weibchens wird durch die Schülerinnen systematisch variiert und in ausreichend feinen Unterschieden für die Überprüfung der Hypothese in den drei Ansätzen angegeben (vgl. Kapitel 2.3.3). Bei der Angabe der Materialien wird zudem schriftlich festgehalten, dass zwei echte Männchen verwendet werden.

„*Lisa: =[Fischmännchen]. Oder wir nehmen zwei Männchen. Weil vielleicht ist das eine ja ein bisschen komisch.*“

Die Schülerinnen planen damit eine Wiederholung des Versuchs und geben in diesem Zusammenhang die Größe der Stichprobe mit zwei Guppy-Männchen an (vgl. Kapitel 2.3.4). Nach der Beschreibung der Materialien wird der Versuchsaufbau aufgezeichnet. Mit der Skizzierung des Aquariums mit einem männlichen und einer weiblichen Attrappe schlägt Lisa vor, dass Blumen ins Aquarium müssen, damit sich der Fisch wohlfühlt. Diese Anpassung des Aquariums an die normale Umgebung des Fisches kann als Störgröße agieren, wenn beispielsweise das Verhalten des Männchens nicht beobachtet werden kann. Da es aber nach der Zeichnung nur eine Pflanze sein soll, kann diese durch die Reduktion der normalen Umgebung als Kontrolle der Störgröße angesehen werden. Zusätzlich zu dem bereits gezeichneten Männchen wollte Stephanie das zweite Männchen noch in das Aquarium zeichnen. Lisa widerspricht dem jedoch, da durch zwei Männchen eine Konkurrenz entstehen

könnte. Somit kontrolliert Lisa die Störgröße der Konkurrenz, indem pro Versuch nur ein Männchen im Aquarium ist. Im Zusammenhang mit den zwei Männchen im Aquarium findet folgendes Gespräch statt:

„Stephanie: [Das kann man ja in einem zweiten Versuch] dann gucken. ... Ob die Konkurrenz machen, ob die um das Weibchen kämpfen.

Lisa: Aber dann würde man ja den Versuch machen, ob die Fische, ähm sich mehr Mühe geben, wenn noch ein anderer Fisch dabei ist oder ob es ihnen egal ist, ob noch ein Fisch dabei ist, dass wär ja dann eine andere Vermutung.“

Stephanie bringt durch ihre Idee, ein zweites Männchen in das Aquarium zu setzen, ein weiterführendes Experiment hervor. Lisa verweist darauf, dass dieses Experiment eine andere Hypothese zum Konkurrenzverhalten beinhalten würde und verwirft die Idee, da das zu planende Experiment lediglich der Überprüfung der Hypothese zum Weißanteil dienen soll. Aus diesem Grund wird das zweite Männchen als Versuchswiederholung genutzt und somit kein konfundierendes Experiment geplant (vgl. Kapitel 2.3.3).

Im Anschluss an den Versuchsaufbau wird die Versuchsdurchführung besprochen und schriftlich fixiert. Die mündliche Besprechung und das schriftliche Ergebnisse sind dabei identisch.

„Erst setzt man das Männchen ins Aquarium. Danach hält Stephanie das erste Weibchen-Attrappen-Fisch mit dem kleinen weißen Fleck ins Wasser. Jetzt beobachtet man das Männchen. Danach hängt man jeweils die anderen beiden Attrappen ins Wasser und beobachtet wieder das Verhalten des Männchens. Danach macht man das Gleiche mit dem anderen Männchen.“

Die Versuchsdurchführung beinhaltet die Kontrolle der Störgröße bzgl. der Durchführung des Experiments. Durch den ersten Schritt, das Männchen in das Aquarium zu tun und dann die Attrappe reinzuhalten, werden die Versuchsbedingungen konstant gehalten und nichts zusätzlich bis auf den Weißanteil des Weibchens variiert. Im Zusammenhang mit der Versuchsdurchführung wird die abhängige Variable, dass das Männchen beobachtet wird, benannt. Eine konkrete Operationalisierung der Variable wird sowohl mündlich wie auch schriftlich nicht festgehalten, womit die Hypothese nicht empirisch überprüfbar ins Experiment einbezogen wird.

Allgemein haben die Schülerinnen die Entscheidungen für die Variablen und den Ablauf des Experiments dem Phänomen angemessen angepasst. Die Angaben von Messintervallen fehlen im Gespräch sowie in der schriftlichen Lösung komplett. Durch das Fehlen dieser Angaben wird die Objektivität des Experimentes reduziert, da die Nachvollziehbarkeit und Replizierbarkeit verloren geht. Die Messgenauigkeit des Experimentes ist gegeben da eine Wiederholung mit einem zweiten Männchen stattfindet. Die Angabe der Wiederholung erhöht neben der Reliabilität auch die Validität, da Wiederholungen einen Hinweis darauf geben können, ob die erhaltenen Werte der normalen Verteilung entsprechen. Vor allem bei lebenden Versuchsobjekten ist dies grundlegend für die Güte des Experimentes (vgl. Kapitel 2.3.3). Die Validität wird durch die Kontrolle von Störgrößen erhöht. Die Schülerinnen beziehen sich bei der Kontrolle von Störgrößen auf die Gestaltung des Aquariums, die Verwendung zweier Männchen zur Erhöhung der Sicherheit und die gleiche Durchführung der Versuche. Die Konstanzhaltung der Versuchsbedingungen weist darauf hin, dass die Schülerinnen verstanden haben, dass bei einem Experiment relevante Faktoren isoliert und ein Faktor unter Konstanzhaltung der übrigen Faktoren variiert wird (vgl. Kapitel 2.3.3). Die Validität kann jedoch nicht vollständig angenommen werden, da nur wenige Störgrößen konkret ein-

bezogen werden. Störgrößen, die während des Versuchs durch beispielsweise verschiedene Messzeiten entstehen könnten, werden nicht von den Schülerinnen einbezogen. Die einseitige Betrachtung der Störgrößen führt somit zu einer gewissen Unsicherheit des Experimentausganges (vgl. Kapitel 2.3.3).

Datenanalyse

Die schriftlichen Lösungen und Teilauszüge aus dem Gespräch des Schülerpaares Lisa und Stephanie zur Diagnoseaufgabe „Die Wirkung von Nikotin“ und die darin vorkommenden Charakteristika der Datenanalyse sind in der Tab. 14 aufgeführt. Im anschließenden Text werden die Inhalte dargelegt.

Tabelle 14: Verwendete Charakteristika der Datenanalyse des Schülerpaares Lisa und Stephanie in den chronologischen Daten der schriftlichen Lösung und des lauten Denkens.

Charakteristika der Datenanalyse

- | | |
|--|--|
| [1] Beschreibung der Daten | [2] Mathematische Beschreibung der Daten |
| [3] Vergleich der Daten | [4] Interpretation der Daten |
| [5] Verwendung von Fachwissen bei der Interpretation | |
| [6] Generalisierende Interpretation | [7] Rückschluss auf die Hypothese |
| [8] Methodendiskussion | [9] Fehleranalyse |
| [10] Sicherheit der Interpretation | [11] Ausblick |

Daten der schriftlichen Lösung	Charakteristika	Daten des lauten Denkens	Charakteristika
<p>Bei dem ersten Wasserfloh in dem Wasser mit 0,009% Tabak sind die Anzahl der Herzschläge sehr unregelmäßig. In den ersten vier Minuten geht der Puls hoch (von 325 auf 350) nach weiteren vier Minuten sinkt er auf 278 Schläge. Nach 2 Minuten</p>	[1]	Stephanie: Das es erst kurz hoch geht, je nachdem wie viel und das dann eigentlich runter geht. Oder? Weil bei dem ersten macht das so Schwankungen.	[1]
	[2]	Lisa: Hm. Wir können ja erst mal beschreiben. Vielleicht fällt uns ja dann etwas auf. Äh. (...) Vielleicht ist das eigentlich so, äh, so hart bei dem ersten, weil der hat ja 0,009 der andere hat ja mehr Tabak. Vielleicht ist er nur verwirrt.	[4]
		Lisa: Äh (...) Also erst einmal bleibt es ja so (...) ja dann geht es kurz hoch, dann geht es runter, dann geht es hoch und dann geht es sehr runter, dann geht es wieder hoch und dann geht es wieder ein Stückchen runter und dann bleibt es.	[1]
		Stephanie: Na, können wir auch schreiben, erreichen nach fast 25 Minuten einen Tiefpunkt.	[2]
		Lisa: In den ersten vier Minuten geht der Puls hoch, äh, dann sinkt er.	[2]
		Stephanie: Von 10 bis 15 und dann.	
		Lisa: ... Sinkt er auf ... 275.	
Bei dem Wasserfloh, der in dem Wasser mit 0,009% Tabak sitzt, geht der Puls oft hoch und runter, wird am	[1]	Stephanie: Bei der ersten, das ist halt unregelmäßig, das die ganze Zeit hoch und runter geht mit den Herzschlägen.	[1]

Idee für die Interpretation entsteht. Statt einer Beschreibung bringt sie jedoch selbst eine Interpretation an.

„Lisa: Hm. Wir können ja erst mal beschreiben. Vielleicht fällt uns ja dann etwas auf. Äh. (...) Vielleicht ist das eigentlich so, äh, so hart bei dem ersten, weil der hat ja 0,009 der andere hat ja mehr Tabak. Vielleicht ist er nur verwirrt.“

Hier scheint Lisa zwischen der Beschreibung und der Interpretation nicht deutlich unterscheiden zu können. Nach dieser Interpretation konzentrieren sich die zwei Schülerinnen auf die Beschreibung. Bei der Beschreibung nutzen sie zum Teil subjektive Begriffe, wie *„dann geht es sehr runter.“* Durch die Verwendung vieler mathematischer Werte ist die Beschreibung zum Teil objektiv. Die mathematische Beschreibung bezieht sich auf konkrete Zeitanlagen und auf konkrete Werte für die Anzahl der Herzschläge sowie mathematische Fachbegriffe, wie Tiefpunkt. Die Beschreibung der zwei Graphen wird getrennt voneinander vorgenommen. In der schriftlichen Fixierung spiegelt sich die Konzentration auf die mathematische Beschreibung wider:

„Bei dem ersten Wasserfloh in dem Wasser mit 0,009% Tabak sind die Anzahl der Herzschläge sehr unregelmäßig. In den ersten vier Minuten geht der Puls hoch (von 325 auf 350) nach weiteren vier Minuten sinkt er auf 278 Schläge.“

Die Beschreibung mit Hilfe der Mathematisierungen wird unterbrochen, da sie Lisa zu genau erscheint. Daraufhin wird die Beschreibung in Klammern gesetzt und eine Beschreibung ohne Mathematisierungen schriftlich fixiert.

„Bei dem Wasserfloh, der in dem Wasser mit 0,009% Tabak sitzt, geht der Puls oft hoch und runter, wird am Ende aber deutlich niedriger. Der Puls des Wasserflohs, der im Wasser mit 0,018% Tabak sitzt, fällt sehr schnell, aber nicht viel tiefer als der des ersten Wasserflohs.“

In der Beschreibung wird zum Ende ein Vergleich zwischen den Wasserflöhen vorgenommen. Die Daten werden in der weiteren Datenanalyse nur gering im Zusammenhang zueinander betrachtet und verglichen. Eine angemessene Berücksichtigung aller Daten findet nicht statt (vgl. Kapitel 2.3.5; 2.3.6). Im Verlauf der Beschreibung nimmt Stephanie einen weiteren Interpretationsversuch vor. Stephanie sagt, dass der Wasserfloh beim zweiten Mal schon besser daran gewöhnt sein könnte. Dieser Erklärungsversuch wird jedoch verworfen, da in dem Experiment zwei verschiedene Flöhe genutzt wurden. Die Interpretation wird aus diesem Grund auch nicht schriftlich fixiert.

Anschließend an die schriftliche Fixierung der Beschreibung widmen sich die Schülerinnen ausführlich der Interpretation. Der Interpretationsgedanke taucht im Gespräch bereits zweimal auf und in der restlichen Datenanalyse stellt er den Hauptaspekt dar. Die Schülerinnen versuchen so gut wie möglich mit ihrem fachlichen Vorwissen zu erklären, warum die Graphen so verlaufen (vgl. Kapitel 2.3.6). Die erste Interpretation liefert Lisa.

„Lisa: Hm. Vielleicht ist das ja ein äh mehr Tabak darin ist, ist das für den Körper erst mal sozusagen erschreckender. So dass das schneller darauf reagiert, dann schneller der Puls runter geht.“

Stephanie: Vielleicht, wenn das mehr ist, dann verteilt sich es ja auch einfach schneller. ... Aber es geht ja um die Nerven. Ja, die werden ja mit Blut versorgt oder so.“

Dies stellt eine Erklärung dar, bei der sich Lisa auf eine Nahursache bezieht. Der Bezug zu den Nerven und dem Blut macht deutlich, dass die Schülerinnen Vorwissen einbeziehen. Die Verteilung des Nervengiftes bei der höheren Konzentration im Vergleich zu einer geringeren Konzentration versucht Stephanie durch einen Vergleich mit Wassereimern und Umschüttungen zu verdeutlichen (vgl. A.7.1.6). Am Ende ihrer Ausführung ist sich Stephanie selbst

nicht mehr sicher, was sie damit erklären wollte und verwirft den Gedanken. Der „Schock“ der Wasserflöhe wird in Bezug zu den eindringenden Fremdkörper gebracht. Die Schülerinnen versuchen, das Phänomen mit Hilfe der Immunbiologie zu erklären. Sie stellen fest, dass bei einer höheren Menge der Fremdkörper der Körper schneller reagiert, es am Ende aber gleich ist. Die Idee mit der Immunbiologie wird versucht, weiter zu konkretisieren.

„Stephanie: ... die das bekämpfen. [Vielleicht] ... sind die damit überfordert...“

Lisa: Aber wieso bekämpfen die das denn?

Stephanie: Ja, weil es ein Fremdkörper ist. Oder? Das [verunreinigt doch das Blut]

Lisa: [(Ja es ist ja Gift)]“

Basierend auf dieser Erklärung wird mit Hilfe einer Analogie zum Mensch die Erklärung spezifiziert.

„Stephanie: ... wenn du Leukämie hast und irgendeine Krankheit hast, dann können die das nicht richtig bekämpfen.“

Lisa: Dann machen die (...) die Fresszellen und so. Aber was hat das jetzt mit dem Floh zu tun?

Stephanie: Dass der Floh vielleicht auch so was in sich hat.

Lisa: Ach so, du meinst, äh, hier sind es zu viele [Nikotindinger]..

Stephanie: [Also es ist zu viel auf einmal, das sie das (...langsam...)]

Lisa: Und dann und dann (kriegen) sie es aber auf die Reihe, dass sie das bekämpfen.

Stephanie: Genau! Und das obere erklärt sich dadurch [nicht].“

Die Schülerinnen sind sich am Ende einig, dass die Interpretation basierend auf der Immunbiologie eine gute Erklärung für den Wasserfloh zwei darstellt, jedoch die Schwankungen beim Wasserfloh eins damit nicht geklärt werden können. Scherzhaft sagt Lisa, dass der Wasserfloh eins eventuell Herzrhythmusstörungen hat (vgl. Kapitel 2.3.6). Dieser Scherz könnte der Fehleranalyse dienen. Die Aussage, dass die Immunbiologie nur einen Graphen erklärt, verweist auf die Einschätzung der Sicherheit der Interpretation. Als Interpretation einigen sie sich im Mündlichen darauf, dass es egal ist, „*ob man die Menge nimmt oder die Menge nimmt. Nur das man am Anfang, dann vielleicht besser drauf ist. Oder ruhiger.*“. Schriftlich wird diese Interpretation wie folgt fixiert:

„Bei einer größeren Menge Tabak reagiert der Körper schneller, aber am Ende kriegt er das Problem bei beiden Mengen Tabak „in den Griff“.“

Die Formulierung stellt die Interpretation der Daten dar, da die Daten zusammengeführt werden und der Einfluss des Nikotins auf den Körper durch die logische Verknüpfung benannt wird (vgl. Kapitel 2.3.5). Der Bezug zur Immunbiologie wird im schriftlichen Teil der Lösung nicht angebracht und der Rückschluss der sich für die Hypothese ergeben würde, wird ebenfalls nicht vorgenommen. Der Einfluss des Nervengifts auf das Herz wird nicht schriftlich fixiert. Die Aussage, dass der Körper es bei beiden Konzentrationen in den Griff bekommt ist subjektiv formuliert.

Allgemein wird deutlich, dass sich die Schülerinnen vorwiegend der Interpretation widmen. Die klare Trennung der Beschreibung von der Interpretation gelingt den Schülerinnen zu Beginn nicht vollständig. Bei den Versuchen zu einer Interpretation wird deutlich, dass den Schülerinnen Fachwissen fehlt, um die Interpretation klar darlegen zu können. Der fehlende Bezug zur Hypothese ist ein wichtiger Punkt, da das Experiment dem Zweck diente, die Hypothese zu verifizieren oder falsifizieren (vgl. Kapitel 2.3.5). Die Interpretation der Schülerinnen widmet sich nicht nur der allgemeinen Interpretation des Unterschieds zwischen den Graphen, sondern die Schülerinnen versuchen auch, den Graphen zu deuten. Eine Methodendiskussion oder Fehleranalyse findet nicht statt, es wird lediglich darauf verwiesen, dass

die Interpretation nicht sicher ist. Eine mögliche Generalisierung oder ein Ausblick wird ebenfalls nicht von den Schülerinnen gegeben (vgl. Kapitel 2.3.5).

5.2.2 Experimentelles Wissenschaftsverständnis von Lisa

Hypothesenbildung

Teilauszüge aus dem Gespräch des Interviews zur Hypothesenbildung und die darin vorkommenden Charakteristika der Hypothesenbildung mit zugeordneten Kerndimensionen des Wissenschaftsverständnisses sind in der Tab. 15 aufgeführt. Im anschließenden Text werden die Inhalte analysiert.

Tabelle 15: Vorstellungen von Lisa zu den Kerndimensionen des Wissenschaftsverständnisses für die Charakteristika des wissenschaftlichen Denkens im Bereich der Hypothesenbildung

Dimension des Wissenschaftsverständnisses (vgl. Abkürzungsverzeichnis)

Charakteristika der Hypothesenbildung	Zitat aus dem Interview	Dimension
Unabhängige Variable	Lisa: ... Vermutungen, warum die Kannenpflanze nicht so richtig gedeiht.	[S]
	Lisa: Ja man muss ja schon, äh, irgendwie so Fakten haben, durch die man dann überhaupt auf die Idee kommt, warum das so ist, damit man die Hypothese aufstellen kann.	[H]
	Lisa: Ja, wir dachten halt, äh, irgendwie, dass es eventuell an der Temperatur steht, äh, liegt, weil die ja da auch gesagt ist und tagsüber passt es ja nur so ungefähr.	[R]
Abhängige Variable		
Zusammenhang	Interviewer: Also wäre es auch denkbar, dass man zum Beispiel dann sagt, wenn sie keine Fliegen haben, dann gedeihen sie nicht. Lisa: Ja, so meinten wir das einfach ja eigentlich auch (wir haben es nur nicht mit aufgeschrieben).	[K]
	Interviewer: ... Was sind die Merkmale einer Hypothese? Lisa: Äh. Dass man irgendwas vorher wusste, also zum Beispiel jetzt, wann das (so) blüht oder so oder wie viel Grad es braucht und dann, äh, sich dazu irgendwie was mit dem Zusammenhang, da sich was ausdenkt, irgend so eine Behauptung.	[H]
Richtung des Zusammenhangs	Interviewer: Inwiefern passt die (<i>Hypothese</i>) zu der Fragestellung? Lisa: Äh, vielleicht hat das, die Temperatur ja auch irgendwas mit der Pflanze zu tun, irgendwie. Die braucht ja so bestimmte, äh, Umstände, sonst wächst die ja nicht wirklich. Und vielleicht hat das ja auch irgendetwas mit der Temperatur zu tun, dass das dann irgendwas fehlt und deshalb werden dann die Kannen braun.	[Z]
	Interviewer: Wenn die weniger Luftfeuchtigkeit haben, dann vertrocknen die. Aus welchen zwei Teilen besteht denn da deine Aussage? Lisa: Ja das eigentlich schon so, äh, das Ende (mit drin), wenn man jetzt einen Versuch machen würde. Also die Auswertung. (...)	[SZ]
Empirisch Überprüfbar	Interviewer: ... Was ist denn überhaupt eine Hypothese? ... Lisa: Das ist so was, wenn man irgendwas behauptet. Und danach kann man halt noch so einen Versuch machen, um das zu belegen, ob das auch richtig ist (überhaupt).	[E]

	<p>Interviewer: ... Was bringt denn das Aufstellen von Hypothesen. Warum macht man das?</p> <p>Lisa: Dann hat man halt so eine Behauptung und die kann man dann überprüfen und dann weiß man, warum irgendetwas so ist, wie es ist.</p>	[Z]
	<p>Interviewer: Was würdest du jetzt mit euren Hypothesen machen?</p> <p>Lisa: Überprüfen, ob das stimmt!</p> <p>Interviewer: Wie kann man die überprüfen?</p> <p>Lisa: Mit Versuchen.</p>	[SZ]
Alternative Hypothese	<p>Interviewer: Warum habt ihr mehrere Hypothesen aufgestellt?</p> <p>Lisa: Weil wir nicht wussten, welche am sinnvollsten ist, wir haben einfach mal alles aufgeschrieben, was uns so eingefallen ist.</p>	[R]
Begründung	<p>Lisa: Hypothese ist einfach, was man, äh, (..) was nicht feststeht und das mit der Begründung ist das, was feststeht, durch das man auf die Hypothese gekommen ist.</p>	[S]
	<p>(Grundlage für eine Begründung)</p> <p>Lisa: Ja man muss ja erst einmal irgendwie etwas davon wissen.</p>	[H]
	<p>Lisa: Eigentlich schon (<i>Begründung ist wichtig</i>), weil dann kann man das alles viel besser nachvollziehen, dann gibt es nicht so viel Verwirrung.</p>	[R]
	<p>Lisa: Da versucht man halt zu erklären, wie man darauf gekommen ist (<i>auf die unabhängige Variable</i>).</p>	[Z]
	<p>Lisa: Falls jetzt irgendwer anderes eine Hypothese macht und dann nochmal jemand anders das überprüfen will. Der muss ja dann verstehen, wie das gemeint ist mit dieser Hypothese (<i>braucht also die Begründung</i>). Und wie der darauf gekommen ist, damit er auch eine Ahnung hat, wie er das jetzt eigentlich ausprobieren soll.</p>	[SK]
Einfachheit, Logische Konsistenz, widerspruchsfrei	<p>Lisa: Also, das, äh, vielleicht brauchen sie auch einfach mehr Licht. Ist so eine Hypothese.</p> <p>Lisa: Ich denke mal die von so Wissenschaftlern, die haben viel mehr Fachausdrücke und sind vielleicht auch kürzer und äh (...) irgendwie sinnvoller (<i>Hypothese</i>). Ich weiß nicht. Weil unsere sind ja jetzt manchmal ein bisschen kreativ, phantasievoll, äh, ja.</p>	[K] [Kr]

Im Bereich der Hypothesenbildung hat die Schülerin Lisa gewisse Vorstellungen über neun Dimensionen des Wissenschaftsverständnisses zu den Charakteristika geäußert.

Im Bereich der Vorstellungen über das naturwissenschaftliche Wissen werden die Dimensionen „Sicherheit“, „Komplexität“, „Herkunft“ und „Rechtfertigung“ angesprochen. Im Bereich der „Sicherheit“ bringt Lisa zum Ausdruck, dass die Hypothese mit den unabhängigen Variablen eine Vermutung darstellt:

„Lisa: Hypothese ist erst einmal der Satz in dem Behauptung steht, die man sich ausgedacht hat.“ (vgl. A.7.4)

Die komplette Sicherheit der Hypothese ist also nicht gegeben (vgl. Kapitel 2.1.2). Die Begründung wird hingegen als etwas Sicheres gedeutet. Zu der Dimension „Komplexität“ bringt Lisa an, dass die aufgestellten Hypothesen, wie „vielleicht brauchen sie auch einfach mehr Licht“ sehr vereinfacht sind. Sie verweist darauf, dass in der Hypothese der Zusammenhang der Variablen beschrieben werden kann und dass dies hier lediglich vergessen wurde. Dies deutet darauf hin, dass durch die angestrebte Einfachheit der Hypothese, die Formalität, dass ein Zusammenhang benannt wird, nicht eingehalten werden (vgl. Kapitel 2.3.1). Zudem weist Lisa darauf hin, dass Wissenschaftler Hypothesen mit mehr Fachausdrücken und einer gewissen Kürze aufstellen. Dies deutet an, dass Lisa die Theorien, die Wissenschaftler aufstellen, nicht als kompliziert ansieht (vgl. Kapitel 2.4). Des Weiteren werden bestehende

Wechselbeziehungen zwischen Hypothese, Begründung, Feststellung und Erklärung angedeutet und somit die Komplexität aufgezeigt (vgl. Kapitel 2.1.2).

„Lisa: Also im tropischen Bergland ist die Luftfeuchtigkeit höher, als im Schlafzimmer. Vielleicht nehmen die Kannenpflanzen Wasser aus der Luft auf, durch so Membran an der Kanne oder so. Wenn sie nicht genug aufnehmen können, trocknen sie aus.“

Interviewer: Sag mir mal, was davon eine Hypothese ist und was der Rest ist, also?

Lisa: Äh, also der erste Satz ist erst einmal so eine Feststellung, das ist ja so. Und dann, äh, vielleicht nehmen die Kannenpflanzen Wasser auf der Luft auf. Äh, das ist ja eigentlich die Hypothese. Und dann das mit den Membranen, wie wir auf die Hypothese gekommen sind. Und das, wenn sie nicht genug aufnehmen können, trocknen sie aus, wäre wieder so eine Erklärung dafür, als wenn man den Versuch schon gemacht hat.“ (vgl. A.7.4)

Lisa hat eine genaue Vorstellung darüber, was die einzelnen Elemente des Aussagesystems darstellen. Die Vorstellung, wie eine Hypothese aufgestellt sein sollte, ist dabei auf die unabhängige Variable verkürzt. Die Vorstellung von Lisa bzgl. der Hypothese ist nicht konsistent. Einerseits sagt sie, dass im Zusammenhang mit der Hypothese die Begründung angegeben wird und dann wiederum macht sie Aussagen, in denen deutlich wird, dass die Hypothese die Begründung ist.

„Lisa: Weil die Hypothese, wäre ja jetzt äh was das, was die Temperatur da mit der Kannenpflanze zu tun hat. Ob sie dann jetzt rot oder braun wird.“ (vgl. A.7.4)

Im Bereich der „Herkunft“ wird deutlich, dass Lisa bewusst ist, dass Fakten bzw. bestehendes Wissen die Grundlage bildet, um unabhängige Variablen und somit eine Idee zu finden (vgl. A.1). Durch den Vergleich gegebener Fakten können die unabhängigen Variablen identifiziert und ein Zusammenhang angegeben werden.

„Lisa: Ja, halt, wann das wo, äh, naja wie viel Licht das braucht oder Luftfeuchtigkeit und so was. Und dann haben wir halt einfach alles einmal ausprobiert.“

In Bezug auf die Begründung wird ebenfalls das bestehende Wissen als Grundlage angebracht. „Rechtfertigungen“ werden bzgl. der unabhängigen Variablen, alternativen Hypothesen und Begründung vorgenommen. Die Wahl der unabhängigen Variablen wird damit begründet, wie groß der Unterschied zwischen den Standortbedingungen ist. Hierbei wird nicht deutlich, ob es einen weiteren Einfluss gibt, der feststellt, welche Variablen plausibel und welche weniger plausibel sind (vgl. Kapitel 2.3.1). Bei der Hypothesenvielfalt wird auf die Plausibilität eingegangen. Die Hypothesenvielfalt wurde gewählt, da die Schülerinnen sich nicht sicher waren, welche unabhängigen Variablen plausibel sind, weshalb sie alle durchgegangen sind und dann eine Auswahl auf Grundlage der Unterschiede der Bedingungen getroffen haben. Die Angabe der Begründung wird damit gerechtfertigt, dass somit besser nachvollzogen werden kann, warum die unabhängige Variable ausgewählt wurde. Der Sinn der Begründung wird hierbei von Lisa erfasst (vgl. Kapitel 2.3.1).

Im Bereich der Vorstellungen über die naturwissenschaftliche Methode werden die Dimensionen „Empirischer Charakter der Naturwissenschaft“, „Zweck der Naturwissenschaft“, „Struktur und Ziele von Experimenten“ und „Kreativität in der Naturwissenschaft“ angesprochen. Im Bereich „Empirischer Charakter der Naturwissenschaft“ wird die Beziehung von Hypothese und Empirie dargestellt (vgl. Kapitel 2.4). Die Hypothese stellt für Lisa eine Behauptung dar, die durch einen Versuch belegt oder widerlegt werden kann. In der Dimension „Zweck der Naturwissenschaft“ wird der Zusammenhang zwischen unabhängiger und abhängiger Variable hergestellt und somit den Variablen eine Ordnung und einen Zusammenhang zueinander gegeben. Die Bedeutsamkeit neuer Erklärungen mit Hilfe von Hypothesen und Versu-

chen zu erlangen, wird ebenfalls angebracht. Außerdem wird der Sinn der Begründung, der damit erklärt wird, wie man auf die unabhängigen Variablen gekommen ist, aufgezeigt. Im Bereich „Struktur und Ziele von Experimenten“ hat Lisa die Vorstellung, dass eine formal richtige Hypothese mit Wenn-dann-Teil die Auswertung darstellt. Zudem wird erläutert, dass die Hypothesen und die damit im Zusammenhang stehenden Experimente neue Erkenntnisse bringen können. Im Bereich „Kreativität“ verweist Lisa darauf, dass die aufgestellten Hypothesen mit Hilfe der Kreativität zustande kamen. Die Verwendung der Kreativität in fachlichen Kreisen sieht sie auch als gegeben an.

„Interviewer: Meinst du die Kreativität ist wichtig, um Hypothesen aufzustellen?“

Lisa: Manchmal schon. Manches ist ja eher so, äh, wenn man irgendetwas hört, warum irgendetwas irgendwie ist. Äh, dann denkt man so: Oh da wäre ich jetzt nicht darauf gekommen. Und manchmal ist ja schon irgendwie etwas völlig absurd. (Und) muss man vielleicht schon bisschen kreativ sein.“(vgl. A.7.4)

In Bereich der Vorstellungen über Institutionen und soziale Handhabung bringt Lisa an, dass die Hypothesen von unterschiedlichen Personen überprüft werden können und aus diesem Grund die Nachvollziehbarkeit grundlegend ist.

Experimentplanung

Teilauszüge aus dem Gespräch des Interviews zur Experimentplanung und die darin vorkommenden Charakteristika der Experimentplanung mit zugeordneten Kerndimensionen des Wissenschaftsverständnisses sind in der Tab. 16 aufgeführt. Im anschließenden Text werden die Inhalte dargelegt.

Tabelle 16: Vorstellungen von Lisa zu den Kerndimensionen des Wissenschaftsverständnisses für die Charakteristika des wissenschaftlichen Denkens im Bereich der Experimentplanung

Dimension des Wissenschaftsverständnisses (vgl. Abkürzungsverzeichnis)

Charakteristika der Experimentplanung	Zitat aus dem Interview	Dimension
Unabhängige und abhängige Variable wird benannt	Lisa: Es war eigentlich schon so, äh, ... als sie dann beschrieben haben, wie die aussehen, dann, äh. Also erst als ich das noch nicht wusste, mit dem weißen Fleck dachte ich, es kommt irgendwie darauf an, wie (..) groß die sind oder irgend so etwas, weil ich habe schon öfters einmal so etwas im Fernsehen gesehen mit irgendwelchen Tieren.	[H]
	Interviewer: ... Also ist die Hypothese für das Experiment notwendig oder ist ... gutes Beiwerk? Lisa: Ich finde schon, dass sie notwendig ist, weil sonst weiß man ja gar nicht, was man überprüfen muss oder möchte.	[R]
	Interviewer: ... Wären denn noch andere Variationen möglich ... ? Lisa: Ja man könnte ja das Weibchen noch größer oder kleiner machen und den Fleck gleichgroß lassen. Äh, das wäre ja dann eher so ein Versuch zu einer Vermutung, das irgendwie (..), dass (..) je größer das Weibchen ist so stärker das Balzverhalten. Oder so.	[SZ]

Unabhängige Variable wird operationalisiert	Interviewer: Warum macht ihr diese drei Unterschiede? Lisa: Das ist mir halt grad so eingefallen, dass man auch drei nehmen könnte irgendwie, dass man dann das noch besser sieht, wie der reagiert (..) oder ob das überhaupt etwas mit den Flecken zu tun hat. Weil es kann ja sein, dass der irgendwie bei dem, äh, (..) bei dem kleinen Fleck weniger reagiert, bei dem mittelgroßen mehr und dann denkt man ja, dass der wegen den Flecken da reagiert hat. Aber vielleicht war ja irgendetwas anderes anders und wenn man dann noch eins reinhält mit einem noch größeren Fleck, wenn er dann wieder weniger reagiert, dann weiß man ja, dass es nicht an dem Fleck lag.	[S]
	Lisa: Man könnte natürlich noch mehr nehmen (<i>Variationen</i>), aber das wäre dann vielleicht ein bisschen umständlich oder so.	[R]
Anzahl der Ansätze	Interviewer: Welche Bedeutung hat das Variieren von dem Fleck? Lisa: Dann kann man das besser vergleichen, weil dann hat man ja mehr zum Vergleichen.	[R]
Abhängige Variable wird operationalisiert	Lisa: Das man halt darauf achtet, wie der sich bewegt oder wie sehr er sich bewegt und so. Und dann das am besten noch aufschreiben, so dass man es dann mit den anderen vergleichen kann, also (..) andere Weibchen reinhält oder einen anderen Fisch hat.	[R]
	Interviewer: ... Woher weißt du, dass jetzt das Männchen sich krümmt, weil der weiße Fleck so aussieht? ... Lisa: Ja das ist halt mit den verschiedenen Größen. Also müsste er sich ja verschieden stark krümmen.	[SZ]
Störgrößen werden kontrolliert	Interviewer: Wenn ich jetzt irgendetwas nicht konstant halten kann? ... Wäre das problematisch? Lisa: Hm. Naja (..) Also (..) Es kommt darauf an, ob der jetzt wichtig ist oder nicht. Interviewer: Wofür wichtig? Lisa: Für den Fisch, wie er sich verhält. Interviewer: Warum machst du da Blumen rein? Lisa: Ja also, die Blume, die sollte jetzt eigentlich so (..) dafür stehen, dass man erkennt, dass das Aquarium so relativ normal eingerichtet ist. ... Damit die (..) jetzt schon auf das Weibchen achten und nicht auf ihre Umgebung, weil wenn die völlig anders ist dann achtet man ja mehr auf die Umgebung. Interviewer: Was wäre da die Konsequenz (<i>wenn ich die Störgrößen nicht kontrollieren kann</i>)? Lisa: Dann wüsste man halt nicht wirklich, warum der jetzt so reagiert hat, wie er reagiert hat oder ob das jetzt irgendetwas mit dem weißen Fleck zu tun hat.	[S]
	Interviewer: Und warum muss man das beachten (<i>dass man das Wasser aus dem Teich nimmt</i>)? Lisa: Äh. Die Fische sind ja an ihr Wasser gewöhnt und manchmal sterben die ja auch, wenn man mal sie in anderes Wasser macht.	[R]
	(<i>zwei Männchen im Aquarium</i>) Lisa: ... dann würde man ja auch wieder eher eine andere Hypothese untersuchen, also ob das Verhalten irgendetwas mit dem Konkurrenzkampf zu tun hat. ...	[Z]
Angabe der Messintervalle		
Angabe der Messwiederholungen	Interviewer: Reicht das dann diese zwei Männchen? ... Lisa: [Ja man könnte ja auch mehr] nehmen. Aber (...) Also wenn es jetzt irgendetwas, ein ganz wichtiger Versuch wäre oder so, dann (..) würde man bestimmt noch mehr Männchen nehmen. Vielleicht auch noch mehr Attrappen aber (..) das war ja jetzt nur mal so. Lisa: Ich denke die würden das noch genauer aufschreiben und vielleicht mit mehr Fischen und vor allem noch mehr verschieden großen	[S]

	Flecken machen. Oder noch mit so anderen (..), äh, Eigenschaften oder Merkmalen von dem weiblichen Fisch, wie groß der ist oder wie die Schwanzflosse aussieht und so was. ... einfach damit man genauere Ergebnisse hat.	
	Interviewer: ... du hast ja gesagt, vielleicht ist das andere Männchen auch komisch. Lisa: ... das es so (..) von der Norm irgendwie abweicht und dass das normalerweise den Fischen zum Beispiel nach den Flecken geht. Und denen geht es aber irgendwie nach der Schwanzflosse oder so. (...) Wenn man zwei hat, ist ja die Wahrscheinlichkeit größer, dass irgendwie zumindest einer so ist, wie fast alle.	[R]
	Interviewer: Und was würdest du dann mit den Daten machen, wenn du das jetzt von beiden Männchen hast? Lisa: So den Durchschnitt ungefähr nehmen.	[Su]
Verifizierung und Falsifizierung der Hypothese ist mit dem Experiment möglich	Interviewer: Welchen Bezug haben jetzt die Attrappen zu der Hypothese? Lisa: Die haben ja verschieden große Flecken und es geht ja in der Hypothese um den Fleck. Also je größer der ist, desto stärker ist das Balzverhalten. Und dann müsste halt bei den dritten Weibchen das mit dem größten Fleck müsste da ja sich dann (..) ja am meisten irgendwie so krümmen.	[E]
	Lisa: Damit krieg ich dann heraus, ob die Vermutung stimmt oder Quatsch ist (...) und bei der Beobachtung kriegt man am besten noch heraus, warum das so ist.	[Z]

Im Bereich der Experimentplanung hat die Schülerin Lisa Vorstellungen zu den Charakteristika und benennt acht Dimensionen des Wissenschaftsverständnisses.

Im Bereich der Vorstellungen über das naturwissenschaftliche Wissen werden die Dimensionen „Sicherheit“, „Herkunft“, „Rechtfertigung“ und „Subjektivität“ angesprochen. Im Bereich der „Sicherheit“ wird auf die Variation der Attrappen eingegangen. Lisa beschreibt, dass die dreifache Variation eine Sicherheit für das Ergebnis erbringt. Im Bereich der Kontrolle der Störgrößen verweist Lisa darauf, dass das Vergessen einer Störgröße nur dann einen Einfluss hat, wenn die Störgröße einen Einfluss auf die abhängige Variable hätte. Hier unterscheidet sie zwischen relevanten und irrelevanten Faktoren und verdeutlicht deren Einfluss (vgl. Kapitel 2.3.3). Wenn eine relevante Störgröße nicht kontrolliert werden kann, *„dann wüsste man halt nicht wirklich, warum der jetzt so reagiert hat“*. Der Einsatz der Blumen wird damit begründet, dass somit das Männchen durch die ungewohnte Umgebung nicht abgelenkt ist. Im Bereich der Wiederholung des Versuchs bringt Lisa an, dass eine höhere Anzahl an Männchen und Attrappen die Sicherheit der Ergebnisse erhöhen würde. Im Zusammenhang mit dem selbstgeplanten Experiment mit zwei Männchen verweist sie darauf, dass die Planung *„ja jetzt nur mal so“* war. Die Relevanz der Sicherheit für das eigene Experiment wird also unterschätzt. Die Bedeutung der Sicherheit für Wissenschaftler wird höher angesetzt.

„Lisa: Ich denke die würden das noch genauer aufschreiben und vielleicht mit mehr Fischen und vor allem noch mehr verschieden großen Flecken machen. Oder noch mit so anderen (..), äh, Eigenschaften oder Merkmalen von dem weiblichen Fisch, wie groß der ist oder wie die Schwanzflosse aussieht und so was. ... Einfach damit man genauere Ergebnisse hat.“

Im Bereich „Herkunft“ macht Lisa die Aussage, dass sie bereits während des Lesens Ideen hatte, was untersucht werden kann. Damit verweist sie darauf, dass durch Informationsgabe und eigenes Hintergrundwissen Ideen für Hypothesen und Experimente aufgeworfen werden

(vgl. Kapitel 2.1.2). Ein „Rechtfertigung“ wird für die angegebene Hypothese vorgenommen. Die Bedeutsamkeit der Hypothese, dass sie das Experiment leitet wird angebracht. Die Verwendung von mehr als drei Variationen wird nicht vorgenommen, da dies zu umständlich nach Lisas Meinung wäre. Die Bedeutsamkeit mehrere Ansätze wird jedoch bzgl. der Vergleichbarkeit angebracht. Die Notwendigkeit der Messung der abhängigen Variable wird ebenfalls mit der Vergleichbarkeit begründet. Die Beachtung von Störgrößen bzgl. der Aquariengestaltung wird damit erläutert, dass die Fische dies nicht gewohnt sind und somit Verzerrungen auftreten könnten. Die Wiederholung des Experiments mit weiteren Männchen wird damit gerechtfertigt, dass ein Männchen von der Norm abweichen könnte. Bei zwei Männchen ist die Wahrscheinlichkeit größer, dass der Mittelwert im Bereich der Norm liegt. Die schriftliche Fixierung der Experimentplanung orientiert sich an Physikprotokollen. Dies wird damit begründet, dass somit die Gedanken in eine Reihenfolge gebracht werden und nichts vergessen wird.

„Lisa: Das halt in einer Reihenfolge. Also erst, was man braucht, dann, wie man es aufbaut und dann, was man eigentlich macht.“

Interviewer: Was bringt so eine genaue Planung von dem Experiment?

Lisa: Damit man nichts vergisst oder durcheinander kommt. ... Und ich denke, wenn man es so macht, ist es auch für andere leichter verständlich, die nicht dabei waren und sich das dann nur angucken.“ (vgl. A.7.4)

Im Bereich der „Subjektivität“ macht Lisa die Angabe, dass die Messwiederholung mit einem weiteren Fisch der Durchschnittsbildung und somit der objektiven Beschreibung dienen kann.

Im Bereich der Vorstellungen über die naturwissenschaftliche Methode werden die Dimensionen „Empirischer Charakter der Naturwissenschaft“, „Zweck der Naturwissenschaft“ und „Struktur und Ziele von Experimenten“ angesprochen. Im Bereich „Empirischer Charakter der Naturwissenschaft“ spricht Lisa an, was man auf Grundlage der Hypothese für das Experiment erwartet (vgl. Kapitel 2.4). Zur Dimension „Zweck der Naturwissenschaft“ wird im Bereich der Störgrößenkontrolle eine Aussage gemacht. Die Störgrößenkontrolle besteht in der Reduzierung eines Männchens statt zwei pro Aquarium. Lisa verweist darauf, dass bei dem Experiment mit zwei Männchen sich eine neue Hypothese und ein neues Experiment ergeben würde. Zudem verweist Lisa darauf, dass das Experiment der Überprüfung der Hypothese und der Erklärung dient. Zur „Struktur und den Zielen eines Experiments“ sagt Lisa, dass der Kontext des Balzverhaltens noch auf weitere Hypothesen mit anderen unabhängigen Variablen, wie die Größe des Weibchen, überprüft werden kann. Dies ist ein Verweis auf die Fruchtbarkeit des Experiments (vgl. Kapitel 2.3.3). Zudem verweist sie darauf, dass durch die verschiedenen Größen ein Zusammenhang erkannt werden kann. Durch die Anwendung des Protokolls wird der hypothetisch-deduktive Charakter des Experiments deutlich.

„Lisa: Das machen wir in Physik auch immer so. Da gibt es doch so ein äh, (...) gibt es so eine Frage der Stunde. Und dann schreibt man erst auf: Vermutung, dann Geräte, Materialien. Da kann ich ja jetzt schlecht Geräte schreiben bei Fischen. Äh und dann halt Versuchsaufbau und Durchführung und dann Beobachtung und Auswertung. Die haben wir ja jetzt nicht gemacht.“ (vgl. Anhang)

Die Verwendbarkeit der Physikprotokolle für die Biologie wird damit gerechtfertigt, dass die schriftliche Fixierung von Versuchen fachunabhängig ist.

Im Bereich der Vorstellungen über Institutionen und soziale Handhabung verweist Lisa darauf, dass die Planung durch die Protokolle im Physikunterricht beeinflusst wurde, da die Verschriftlichungen in dieser Weise für die zwei Schülerinnen Gewohnheit sind.

Datenanalyse

Teilauszüge aus dem Gespräch des Interviews zur Datenanalyse und die darin vorkommenden Charakteristika der Datenanalyse mit zugeordneten Kerndimensionen des Wissenschaftsverständnisses sind in der Tab. 17 aufgeführt. Im anschließenden Text werden die Inhalte erläutert.

Tabelle 17: Vorstellungen von Lisa zu den Kerndimensionen des Wissenschaftsverständnisses für die Charakteristika des wissenschaftlichen Denkens im Bereich der Datenanalyse

Dimension des Wissenschaftsverständnisses (vgl. Abkürzungsverzeichnis)

Charakteristika der Datenanalyse	Zitat aus dem Interview	Dimension
Beschreibung der Daten	Lisa: Äh (...) naja also ich denke, wenn man jetzt so einen Versuch gemacht hat und dann einen Graph dazu zeichnen muss, finde ich es dann eigentlich nicht mehr so wichtig, dass man noch einmal beschreibt, wie das passiert ist, weil man hat ja den Graphen. Dann ist das ja eigentlich doppelt.	[R]
	Interviewer: Muss man irgendetwas beim Beschreiben beachten? Lisa: Man muss halt darauf achten, dass man alle Daten, äh, dabei hat und auch in dem Zusammenhang, wie die jetzt stehen.	[K]
	<i>(Faktoren, die das Beschreiben beeinflussen)</i> Lisa: Nein eigentlich von den Werten.	[Su]
Mathematische Beschreibung der Daten	<i>(Beschreibung mit vs. ohne Mathematisierungen)</i> Lisa: Äh. Es kommt eigentlich (finde ich) immer so ein bisschen auf die Situation an, ... wenn es wirklich genau um die Anzahl der Pulsschläge geht oder so. Dann sind die genauen Werte, denke ich schon besser, aber wenn es allgemein um das Problem geht, dann kann man es, denke ich, schon ein bisschen verallgemeinern, weil sonst wird das so ellenlang und dann weiß man am Ende doch nicht, worum es jetzt eigentlich ging, weil das so viel Information auf einmal war.	[R]
Vergleich der Daten		
Interpretation der Daten	<i>(Unterschied zwischen Beschreiben und Interpretieren)</i> Lisa: Also Beschreiben, dass weiß man, dass das auch wirklich so ist und beim Interpretieren überlegt man sich halt selber, warum das so sein könnte. Aber da steht halt nicht fest, ob es so richtig ist oder nicht.	[S]
	<i>(Interpretation nicht gut)</i> Lisa: Weil das war eigentlich mehr geraten. Ich konnte nicht wirklich etwas damit anfangen und dann hab ich mir einfach einmal so etwas ausgedacht. Interviewer: Würde es reichen, wenn man das nur beschreibt? Lisa: Ja, man interpretiert da ja schon irgendetwas hinein. Das macht man ja eigentlich automatisch schon, dass man dann sich dann selber fragt, warum ist das eigentlich so.	[H]

	<p>Interviewer: Warum sollte man oder warum macht ihr das so, dass ihr erst beschreibt und dann die Interpretation macht? Lisa: Sonst wäre ja die Beschreibung ein bisschen sinnlos. Wenn man das noch einmal beschreibt, dann fällt einem vielleicht noch einmal etwas daran auf.</p>	[R]
	<p>Lisa: Weil man das ja nicht wirklich weiß. Das denkt man sich ja nur so.</p>	[Su]
	<p>Interviewer: Was sind denn Merkmale, so ganz allgemein, die man beim Datenauswerten nicht vergessen darf? ... Lisa: Man muss halt dazu schreiben, was man jetzt da untersucht hat oder was man für Daten hat und, äh, ob die jetzt noch in irgendeinem Zusammenhang stehen.</p>	[E]
	<p>Lisa: Äh. Da schaut man sich halt die Daten an und überlegt dann, äh, warum (..) die so sind. Also zum Beispiel warum das jetzt so stark abgefallen ist und bei den anderen erst später.</p>	[Z]
	<p>Lisa: Wenn man das dann (..) schon so richtig erklären kann, so dass es für die anderen auch Sinn macht. Dann kann man ja schon sagen, dass die Hypothese stimmt.</p>	[SK]
Verwendung von Fachwissen bei der Interpretation	<p><i>(Voraussetzung für die Interpretation)</i> Lisa: Äh (..) Ja uns war halt nicht wirklich klar, was das jetzt äh was die Herzschläge mit dem (..) mit der Menge von dem Tabak zu tun haben und (...) weil da steht ja auch das irgendwas mit den Nerven zu tun hat.</p>	[H]
Generalisierende Interpretation	<p>Lisa: Also man kann es ja jetzt nicht genau sagen, weil ein Mensch hat ja nicht so einen hohen Puls, der ist ja viel niedriger. Aber vielleicht ist das ja dann auch so, dass der bei einer höheren Menge schneller fällt und bei einer niedrigeren Menge nicht ganz so schnell und dass es am Ende dann beides eine bisschen gefallen ist, aber ungefähr gleich egal wie viel und (..) aber man kann es jetzt nicht genauso übertragen.</p>	[Z]
Rückschluss auf die Hypothese	<p>Lisa: Also man kann das noch weiterprüfen irgendwie. Oder man lässt es halt, aber dann kann man die Hypothese jetzt nicht sagen, dass das so ist, also so als Fakt, sondern dann ist es halt weiter eine Vermutung.</p>	[S]
	<p>Interviewer: Welche Funktion übernimmt dann die Hypothese? Lisa: Die sagt einem halt, äh, (..) was eigentlich überprüft wird und (..), äh, was man eigentlich in der Auswertung dann erklären sollte.</p>	[R]
	<p>Lisa: Äh wir haben uns halt so gedacht, dass der Körper von dem Wasserfloh erst einmal sozusagen irgendwie geschockt ist oder so von dieser großen ... Menge Tabak und (...) bei der kleineren nicht so ganz und das ist dann am Ende aber doch ungefähr auf das Gleiche herauskommt ... Interviewer: Was heißt das dann für die Hypothese, die die Schüler aufgestellt haben? Lisa: Dass das (..) teilweise stimmt.</p>	[SZ]
Methodendiskussion	<p>Interviewer: ... Du weißt ja, wie das Experiment durchgeführt wird. Würdest du die Werte als sicher bezeichnen ...? Lisa: ... Also es ist nicht so ganz sicher.</p>	[S]
	<p>Interviewer: Warum ist hier der Experimentverlauf angegeben? Lisa: Damit man weiß, wie das [abgelaufen ist]. ... Sonst wüssten wir ja nicht, was in dem Diagramm dargestellt ist.</p>	[R]
Fehleranalyse	<p>Interviewer: Also wann würdest darüber nachdenken, was die Schüler falsch gemacht haben bei dem Experiment? Lisa: Wenn man zu keinem Ergebnis kommen kann und das dann schon mehrmals und dann denkt, dass der Fehler irgendwo anders liegen muss.</p>	[S]

Sicherheit der Interpretation	Interviewer: Wie kann das passieren, dass man da andere Interpretationen herausbekommt? Lisa: Vielleicht hat derjenige ein ganz anderes Wissen schon vorher oder äh (...) denkt ganz anders und kommt auf irgendeine Idee.	[Su]
Ausblick	Interviewer: Stellen sich dir da jetzt irgendwie neu Fragen oder neue Hypothesen? Lisa: Wenn man jetzt so den Graph da sieht, dann würde ich mich als nächstes fragen, wann er wieder hoch geht und ob der dann gleichmäßig wieder hoch geht oder ob das auch verschieden ist.	[H]

Im Bereich der Datenanalyse hat die Schülerin Lisa gewisse Vorstellungen zu den Charakteristika. Neun Dimensionen des Wissenschaftsverständnisses können im Interview herausgefunden werden.

Im Bereich der Vorstellungen über das naturwissenschaftliche Wissen werden die Dimensionen „Sicherheit“, „Komplexität“, „Herkunft“, „Rechtfertigung“ und „Subjektivität“ angesprochen. Im Bereich „Sicherheit“ verweist Lisa darauf, dass die Beschreibung sicher ist, während die Interpretation nicht feststeht. Die Hypothese wird von Lisa nur als teilweise bestätigt angesehen. Als Folge wird benannt, dass die Hypothese weiter geprüft werden muss oder sie weiter als Hypothese bestehen bleibt. Damit wird auf die Entwicklung der Wissenschaft hingewiesen (vgl. Kapitel 2.1.2; 2.4). Die Werte aus dem Experiment werden als „nicht so ganz sicher“ bewertet, weil beispielsweise Zählfehler bei den Herzschlägen oder Krankheit bei den Flöhen vorliegen könnten (vgl. A.7.4). Um die Sicherheit zu erhöhen, schlägt Lisa eine Alternative vor:

„Lisa: Und dass man dann, äh, dass man dann einfach, äh, zum Beispiel zwei Flöhe in das Wasser mit der ersten Tabaklösung setzt und auch zwei Flöhe in das Wasser mit der zweiten Tabaklösung, damit man dann nochmal sieht, ob die Werte jetzt bei der gleichen Tabaklösung auch ungefähr ähnlich sind oder ob die völlig anders sind. Weil dann liegt es ja bestimmt an den Flöhen.“

Die Durchführung der Fehleranalyse wird für Lisa nur dann notwendig, „wenn man zu keinem Ergebnis kommen kann und das dann schon mehrmals und dann denkt, dass der Fehler irgendwo anders liegen muss“. Im Bereich der „Komplexität“ wird gesagt, dass beim Beschreiben aller Werte beachtet und im Zusammenhang betrachtet werden müssen. Zur „Herkunft“ der Interpretation verweist Lisa darauf, dass die eigene Interpretation durch Raten zustande kam, da Fachwissen fehlte. Die Durchführung einer Interpretation wird nach Lisas Meinung automatisch gemacht, da man sich „selber fragt, warum ist das eigentlich so?“. Offene stehende Fragen führen somit zum Interpretieren (vgl. A.1). Der Ausblick wird durch die Daten angeleitet. Im Bereich der „Rechtfertigung“ wird gesagt, dass eine Beschreibung der Daten unnötig ist, wenn ein Graph vorhanden ist. Der Wechsel von einer mathematischen Beschreibung der Daten auf eine allgemeine Beschreibung der Daten wird wie folgt erklärt

„Lisa: Also eigentlich ist es schon wichtig, dass man die genauen Werte hat. Aber wenn man schon den Graphen hat muss man auch nicht noch einmal aufschreiben. (Weil) man sieht das ja schon dann.“(vgl. A.7.4)

Dies zeigt, dass die Beschreibung im Allgemeinen unterschätzt wird. Wobei andererseits darauf verwiesen wird, wann sich welche Beschreibungsart anbietet. Die mathematische Beschreibung ist wichtig, wenn es um die genaue Beschreibung geht, während die Beschreibung ohne Werte ausreichend ist, wenn allgemein das Problem im Vordergrund steht und eine Informationsflut vermieden werden soll. Die Beschreibung vor der Interpretation wird damit gerechtfertigt, dass noch weitere Ideen einfallen, die für die Interpretation relevant

sind. Die angegebene Hypothese wird damit begründet, dass man durch sie weiß, was ausgewertet werden muss. Die angegebene Experimentplanung dient dem Wissen, woher die Daten stammen, die im Diagramm dargestellt sind. Zur „Subjektivität“ wird gesagt, dass die Beschreibung objektiv ist, während die Interpretation subjektiv ist. Verschiedene Interpretationen können auftreten, da unterschiedliche Personen anderes Wissen haben. Damit wird auf die Unsicherheit der eigenen Interpretation hingewiesen.

Im Bereich der Vorstellungen über die naturwissenschaftliche Methode werden die Dimensionen „Empirischer Charakter der Naturwissenschaft“, „Zweck der Naturwissenschaft“ und „Struktur und Ziele von Experimenten“ angesprochen. Im Bereich des „Empirischen Charakter der Naturwissenschaft“ äußert sich Lisa zur Interpretation. Die Interpretation der empirischen Daten fördert das Erkennen von Zusammenhängen. Im Bereich „Zweck der Naturwissenschaft“ verweist Lisa darauf, dass die Interpretation der Erklärung des Phänomens dient. Dabei wird nicht nur Interpretation für den allgemeinen Zusammenhang vorgenommen, sondern Schwankungen des Graphen werden auch interpretiert. Im Bereich der Generalisierung der Ergebnisse bringt Lisa an, dass eventuell die gleichen Ergebnisse beim Menschen herauskommen könnten, wobei die Erklärung nicht einfach übernommen werden kann, sondern Versuche notwendig wären. Im Bereich „Struktur und Ziele von Experimenten“ wird bzgl. der Hypothese darauf verwiesen, dass mit Hilfe des Experiments und der Daten die Hypothese als teilweise richtig angenommen werden kann.

Im Bereich der Vorstellungen über Institutionen und soziale Handhabung verweist Lisa darauf, dass richtige und verständliche Interpretationen bedeutend sind. Zudem wird die Zusammenarbeit der Wissenschaftler angesprochen.

5.3 Vergleich der Fallanalysen

Die zwei aufgeführten Fallanalysen (vgl. Kapitel 5.1; 5.2) der Schülerpaare und der Schülerinnen weisen Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede im wissenschaftlichen Denken und im Wissenschaftsverständnis im Bereich des Experimentierens auf (vgl. Kapitel 3). In der Tab. 21 sind die Ergebnisse zusammenfassend dargestellt. Im anschließenden Text werden die Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede auf Grundlage der Ergebnisse aus Kapitel 5.1 und 5.2 sowie der Tab. 18 analysiert, um eventuell bestehende Zusammenhänge zwischen den Kompetenzkonstrukten der Erkenntnisgewinnung explorativ zu erkennen.

Tabelle 18: Gemeinsamkeiten und Unterschiede im wissenschaftlichen Denken und im Wissenschaftsverständnis im Bereich des Experimentierens bei den untersuchten Schülerinnen

1 – Schülerpaar Svenja und Katharina / 2 – Schülerpaar Lisa und Stephanie

Dimension des Wissenschaftsverständnisses (vgl. Abkürzungsverzeichnis)

fett gedruckte Elemente: Unterschiede zwischen schriftlicher/ mündlicher Lösung bzw. Unterschiede im Wissenschaftsverständnis der Schülerinnen

Wissenschaftliches Denken (Charakteristika der Teilkompetenzen)	Schriftlich festgehaltene Charakteristika des Schülerpaares		Mündlich erwähnte Charakteristika des Schülerpaares		Mündlich erwähnte Kerndimensionen des Wissenschaftsverständnisses	
	1	2	1	2	1	2
HYPOTHESENBILDUNG						
Unabhängige Variable (UV)	X	X	X	X	[H]; [R]	[S] ; [H]; [R]
Abhängige Variable (AV)	X	X	X	X		
Zusammenhang	X	X	X	X	[R] ; [SZ]	[K] ; [H]
Richtung des Zusammenhangs		X		X	[S] ; [Z]	[Z]; [SZ]
Empirisch überprüfbar		X		X	[S] ; [R] ; [E], [Z]; [SZ]	[E]; [Z]; [SZ]
Alternative Hypothesen	X	X	X	X	[R]; [Z]	[R]
Begründung	X	X	X	X	[S]; [H]; [R]; [Z]	[S]; [H]; [R]; [Z]; [SK]
Einfachheit (...)	X	X	X	X	[K]	[K]; [Kr]
EXPERIMENTPLANUNG						
UV wird benannt	X	X	X	X	[R]; [Z] ; [SZ]	[H] ; [R], [SZ]
UV wird operationalisiert	X	X	X	X	[Su] ; [Z]	[S] ; [R]
Anzahl der Ansätze					[R]; [Su]	[R]
1 Ansatz				X		
2 Ansätze			X	X		
3 Ansätze	X	X	X	X		
> 3 Ansätze						
AV wird benannt	X	X	X	X	[R]; [SZ]	[R]
AV wird operationalisiert			X		[E]	[R] ; [SZ]
Störgrößen werden kontrolliert	X	X	X	X	[S]; [R]; [SZ]	[S]; [R]; [Z]
Angabe der Messintervalle						
Angabe der Messwiederholungen		X		X	[S]; [Su]	[S]; [R] ; [Su]
Verifizierung und Falsifizierung der Hypothese ist mit dem Experiment möglich	X	X	X	X	[S] ; [Z]	[E] ; [Z]
DATENANALYSE						
Beschreibung der Daten	X	X	X	X	[R]; [Su]; [Z] ; [SK]	[R]; [K] ; [Su]
Mathematische Beschreibung der Daten	X	X	X	X	[K]	[R]
Vergleich der Daten	X	X	X	X	[R]; [Z]	
Interpretation der Daten	X	X	X	X	[K] ; [R]; [Su]; [Z]; [SZ] ; [SK]	[S] ; [H] ; [R]; [Su]; [E] ; [Z]; [SK]

Verwendung von Fachwissen bei der Interpretation				X	[K]	[H]
Generalisierende Interpretation					[E]	[Z]
Rückschluss auf die Hypothese			X		[S]	[S]; [R]; [SZ]
Methodendiskussion					[S]; [SZ]	[S]; [R]
Fehleranalyse					[S]	[S]
Sicherheit der Interpretation				X	[S]; [SK]	[Su]
Ausblick					[SK]	[H]

In der Studie wurde ersichtlich, dass Svenja und Lisa im Bereich des wissenschaftlichen Denkens Charakteristika der Teilkompetenzen mit Unterstützung einer weiteren Schülerin anwenden und eine Vielzahl an Vorstellungen zu den einzelnen Charakteristika benennen. Der Zweck des Experimentierens mit der Klärung von Phänomenen und der Ablauf nach dem hypothetisch-deduktiven Verfahren werden von beiden Schülerinnen benannt. Das hypothetisch-deduktive Vorgehen ist den zwei Schülerinnen aus dem Physikunterricht bekannt und geläufig. Die Möglichkeit der Verifizierung und Falsifizierung einer Hypothese mit Hilfe des Experiments ist den Schülerinnen bewusst und wird in jeder Teilkompetenz herausgestellt. Der Aspekt der Sicherheit wird ebenfalls sehr oft von den Schülerinnen benannt. Zudem verweisen beide Schülerinnen auf die Komplexitätsunterschiede zwischen dem schulischen und dem wissenschaftlichen Experimentieren.

Hypothesenbildung

Im Bereich der Hypothesenbildung wissen beide Schülerinnen, dass sich die unabhängige Variable aus bestehendem Wissen ergibt (vgl. A.1). Die zugehörige abhängige Variable wird relativ spät in den Lösungsprozess beider Schülerpaare einbezogen und im Bereich des Wissenschaftsverständnisses nicht thematisiert. Die Nichtberücksichtigung der abhängigen Variable im Lösungsprozess bewirkt, dass nur ein allgemeiner Zusammenhang zwischen den Variablen von den Schülerpaaren hergestellt wird und keine Hypothesen, wie sie bei Ursache-Wirkungsrelationen (Wenn-dann, Je-desto) üblich sind (vgl. Kapitel 2.3.1), formuliert werden. Um die Komplexität minimal zu halten, bilden die Schülerpaare Aussagen, die lediglich die unabhängigen Variablen enthalten. Die Einzige formal richtige Hypothese mit einer angegebenen Richtung des Zusammenhangs wird von dem zweiten Schülerpaar aufgestellt. Die Richtigkeit der Hypothese wird jedoch nicht von der Schülerin erkannt, die darauf verweist, dass die formale Hypothese eigentlich eine Auswertung und keine Behauptung darstellt. Die Vorstellung der beiden Schülerinnen besteht darin, dass die Hypothese eine Behauptung mit der unabhängigen Variable ist, die mit Wahrscheinlichkeitsbegriffen, wie vermuten oder vielleicht, aufgestellt wird. Die Verwendung solcher Begriffe und die konkrete Stellungnahme zur Sicherheit der Hypothese verweist darauf, dass die Hypothese von den Schülerinnen als nicht sicher eingeschätzt wird. Im Bereich der Hypothesenvielfalt verweisen beide Schülerinnen darauf, dass es plausible und unplausible Hypothesen gibt. Die Hypothesenvielfalt ist für Svenja eine Sammlung von Ausweichantworten, während die Hypothesenvielfalt von Lisa auf das fehlende Fachwissen zurückgeführt wird. Die Wechselbeziehungen von Hypothese und Experiment im hypothetisch-deduktiven Verfahren werden erkannt.

Trotzdem stellen die Schülerinnen insgesamt nur eine empirisch überprüfbare Hypothese auf, die als Auswertung gedeutet wurde.

Im Bereich der Begründung werden von den Schülerinnen einige Wissenschaftsverständnisdimensionen angesprochen. Trotz gleicher angesprochener Dimensionen sind verschiedene inkonsistente Vorstellungen bei beiden Schülerinnen vorhanden. Das erste Schülerpaar führt die offensichtlichen Begründungen im Gespräch parallel zu den aufgestellten Hypothesen an und fixiert schriftlich die fachwissenschaftlichen Begründungen im Rahmen der geforderten Begründung in der Aufgabenstellung der Diagnoseaufgabe. Bei einer Variable wird die fachwissenschaftliche Begründung vor der offensichtlichen Begründung gegeben. Eine fachwissenschaftliche Begründung ist nach Svenjas Meinung nur für plausible Hypothesen notwendig und ergibt nur dann Sinn, wenn das Fachwissen fehlt. Zudem wird im Gespräch deutlich, dass nicht die Hypothese sondern fälschlicherweise die Begründung mit dem Experiment überprüft werden soll. Das zweite Schülerpaar begründet parallel zur Aufstellung der einzelnen Hypothesen die Wahl der unabhängigen Variablen und fixiert die Begründungen, ob offensichtlich, fachwissenschaftlich oder als Alltagsanalogien, schriftlich. Das Aufschreiben der offensichtlichen Begründungen deutet darauf hin, dass die Vorstellung über die Art der Begründung mittels Fachwissen nicht konsistent besteht. Das Finden der unabhängigen Variable findet somit scheinbar bei beiden Schülerpaaren hauptsächlich intuitiv statt, da der theoretische Rahmen meist nicht vor dem Aufstellen der Hypothese geklärt wird (vgl. Kapitel 2.3.1). Die Formulierung einer Hypothese mit einer Begründung wird von beiden Schülerinnen mit der Nachvollziehbarkeit begründet und als sicher eingeschätzt. Lisa verweist gesondert auf die Bedeutung der Begründung, um Ideen von anderen Wissenschaftlern nachvollziehen zu können.

Experimentplanung

Die unabhängige Variable wird von beiden Schülerpaaren identifiziert und systematisch variiert. Auffällig ist dabei, dass beide Schülerpaare erst zwei und dann letztlich drei Attrappen wählen. Die Wahl mehrere Attrappen begründen die beiden Schülerinnen mit der Vergleichbarkeit. Lisa bringt vertiefend an, dass das Nutzen noch mehr Attrappen zu umständlich wäre. Die Messung der abhängigen Variable wird von beiden Schülerinnen als wichtig für das Experiment und die Auswertung erachtet, da mit Hilfe der genauen Werte Mittelwerte und eine Statistik erstellt werden können (vgl. Kapitel 2.3.3). Trotz der Vorteile, die benannt werden, wird die abhängige Variable des Balzverhaltens nur einmal mündlich von dem ersten Schülerpaar operationalisiert. Eine Unterschätzung der abhängigen Variable wird deutlich. Im Bereich der Störgrößen bezieht sich das erste Schülerpaar auf die Attrappen, Konkurrenz zweier Männchen im Aquarium sowie die gleiche Experimentdurchführung bei anderen Attrappen. Das zweite Schülerpaar bezieht sich auf die Aquariengestaltung, Konkurrenz zweier Männchen im Aquarium sowie die gleiche Experimentdurchführung mit einem weiteren Männchen. Bei dem ersten Schülerpaar wird die Störgröße bzgl. der Konkurrenz der Männchen nicht erkannt, sondern das Nutzen eines Männchens mit der besseren Beobachtbarkeit begründet. Das zweite Schülerpaar rechtfertigt die Wahl eines Männchens pro Aquarium mit der eventuell auftretenden Konkurrenz und verweist auf die Möglichkeit eines weiteren Experiments. Beide Schülerinnen betonen im Interview, dass Störgrößenkontrollen für die Sicherheit des Experiments und des Ergebnisses wichtig sind (vgl. Kapitel 2.3.3). Bzgl. der Art von Störgrößen, die beachtet werden müssen, gehen beide Schülerinnen darauf ein, dass nur die Faktoren relevant für die Kontrolle sind, die einen Einfluss auf die abhängige Variable

haben. Messintervalle, die auch als Störgröße wirken und konfundierte Experimente bewirken könnten, werden von beiden Schülerpaaren nicht einbezogen und im Interview auch nicht benannt. Nur das zweite Schülerpaar plant eine Experimentwiederholung und rechtfertigt dies mit der sonst vorliegenden Unsicherheit. Die Bedeutung der Messwiederholung für Wissenschaftler wird von Lisa höher eingeschätzt als für das eigene Experiment, weshalb nur zwei Fischmännchen gewählt wurden. Svenja verweist ebenfalls auf die Erhöhung der Sicherheit durch Messwiederholungen, sagt jedoch zugleich, dass dies hier nicht notwendig wäre. Die inkonsistente Haltung zur Messwiederholung bzw. die Unterschätzung für das eigene Experiment führt zu geringen oder keinen geplanten Messwiederholungen. Das erste Schülerpaar plant im Gegensatz zu dem anderen Schülerpaar zudem die Datenanalyse. Die schriftliche Fixierung wird von beiden Schülerinnen für die Nachvollziehbarkeit als notwendig erachtet, so dass keine Versäumnisse stattfinden. Svenja verweist zudem darauf, dass durch die Verschriftlichung die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaftlern möglich wird. Die Fruchtbarkeit des Experiments wird von beiden Schülerinnen erkannt (vgl. Kapitel 2.3.3).

Datenanalyse

Im Bereich der Beschreibung der Daten wird von beiden Schülerpaaren die allgemeine als auch die mathematische Beschreibung angewendet. Die allgemeine Beschreibung wird bei beiden Schülerpaaren auf subjektiver Ebene geführt, wobei der Versuch besteht, die mündlichen Aussagen im Schriftlichen zu verfeinern. Bei der mathematischen Beschreibung beziehen sich beide Schülerpaare auf die Zeitangaben. Das zweite Schülerpaar gibt zusätzlich genaue Werte für die Herzfrequenz an. Die mathematische Beschreibung wird von beiden als vorteilhaft angesehen, da somit die Daten detaillierter dargestellt werden können (vgl. Kapitel 2.3.5). Es wird aber darauf verwiesen, dass es trotzdem nicht notwendig ist. Svenja und Lisa sagen, dass eine Beschreibung ohne mathematische Werte auch für die Interpretation genügt. Zudem bringt Lisa an, dass man sonst nur Einzelfälle analysiert und die Informationsflut nicht notwendig wäre. Die Beschreibung wird von beiden Schülerinnen als grundlegend für das Finden von Ideen für die Interpretation angesehen. Lisa spricht an, dass bei der Beschreibung alle Werte zu beachten sind. In der eigenen Beschreibung wird jedoch nur vereinzelt auf die Werte eingegangen. Die Beschreibung erachtet Lisa als sicher, aber nicht als notwendig, da der Graph bereits die Beschreibung darstellt. Der Vergleich, der im Zusammenhang mit der Beschreibung stattfindet wird von Svenja als Mittel zur verkürzten Verschriftlichung angebracht. In der Anwendung nutzen die zwei Schülerpaare zu gering den Vergleich der Daten.

Die Interpretation dient beiden Schülerinnen dem Finden von Zusammenhängen. Das erste Schülerpaar nahm eine allgemeine Interpretation vor, während das zweite Schülerpaar sowohl allgemein als auch speziell bzgl. des Graphenverlaufs interpretierte. Bei der Interpretation versucht das zweite Schülerpaar, das Phänomen mittels Fachwissen zu erklären (vgl. Kapitel 2.3.5). Svenja verweist darauf, dass die Interpretation ein komplexes Gebilde ist, bei dem Wissenschaftler Fachwissen anwenden. Zudem ist die Interpretation für Svenja sicher, womit keine alternativen Interpretationen für den Kontext existieren können. Lisa hingegen sieht die Unsicherheit der Interpretation und somit die Möglichkeiten anderer Interpretationen aufgrund quantitativ unterschiedlichem Fachwissens. Der Rückschluss auf die Hypothese, der sich durch die Interpretation ergeben sollte, wird von keinem der Schülerpaare vorgenommen. Im Interviewgespräch wird die Hypothese von Svenja bestätigt und von Lisa teilweise bestätigt. Svenja hat die Vorstellung, dass die Hypothese als sicher gelten kann, wäh-

rend Lisa auf die Notwendigkeit der weiteren Überprüfung verweist. Für beide Schülerinnen bedeutet die Hypothesenbestätigung, dass die Ergebnisse einen Einfluss auf die weitere Forschung haben wird. Die Widerlegung wird von Svenja für Wissenschaftler als grundlegend angesehen. Eine Generalisierung wird von beiden Schülerinnen kritisch gesehen und auf die Notwendigkeit von weiterführenden Experimenten hingewiesen. Die Sicherheit des Experiments wird von Svenja als gut und von Lisa als unsicher im Interviewgespräch bewertet. Die Experimentangabe wird von beiden als grundlegend für die Auswertung angesehen. Trotz der Notwendigkeit der Experimentangabe und der Unsicherheit bei Lisa wurde in der Lösung der Aufgabe kein Bezug darauf genommen und eine Methodendiskussion oder Fehleranalyse durchgeführt. Die Schülerinnen verweisen beide darauf, dass eine Fehleranalyse nur dann notwendig ist, wenn von einem Fehler sicher ausgegangen werden kann. Da sich die Hypothese jedoch jeweils komplett oder teils bestätigt hat, wurde keine kritische Überprüfung der Methode und eine Fehleranalyse als notwendig empfunden.

Bei der Datenanalyse ist auffällig, dass beide Schülerpaare vor der Interpretation die Beschreibung vornehmen, wobei beim zweiten Schülerpaar z. T. Interpretationen schon während der Beschreibung vorgenommen werden. Das erste Schülerpaar legt bei der Datenanalyse den Schwerpunkt auf die Beschreibung, während das zweite Schülerpaar sich vor allem der Interpretation widmet. Die Beschreibung wird als objektiv und die Interpretation als subjektiv von beiden Schülerinnen angesehen (vgl. Kapitel 2.3.5).

6 Diskussion und Ausblick

Die im 5. Kapitel beschriebenen Fallanalysen behandeln miteinander vernetzte Aspekte des wissenschaftlichen Denkens und des Wissenschaftsverständnisses im Bereich des Experimentierens. Im ersten Teil jeder Fallanalyse wurden die Charakteristika der Teilkompetenzen des Experimentierens analysiert. Im zweiten Teil wurde das dahinter stehende Wissenschaftsverständnis des Experimentierens für die Charakteristika in den Fokus genommen. Im Vergleich der Fälle wurden die Gemeinsamkeiten und Unterschiede herausgearbeitet. Durch die Fallanalysen wurden die Forschungsfragen beantwortet. Im Folgenden soll eine kritische Diskussion über die Ergebnisse und ihren Nutzen stattfinden.

Anhand der Schülerlösungen und Äußerungen wird deutlich, dass Schülerinnen in der 10. Gymnasialklasse in der Lage sind, Charakteristika des wissenschaftlichen Denkens im Bereich des Experimentierens sowie das experimentelle Wissenschaftsverständnis differenziert und begründet darzustellen. Die Schülerantworten, die bzgl. des Kontextes Experimentieren erhoben wurden, konnten den aufgestellten Kategorien des wissenschaftlichen Denkens und des Wissenschaftsverständnisses zugeordnet werden. Eine Bewertung des wissenschaftlichen Denkens wurde auf Grundlage der Anwendung oder Nichtanwendung der Charakteristika im vorherigen Kapitel vorgenommen. Im Bereich des Wissenschaftsverständnisses wurde zwischen informativ und naiv unterschieden. Eine Bewertung des Wissenschaftsverständnisses nach der Angemessenheit erweist sich als schwierig, da selbst unter Experten kein Konsens darüber herrscht, was ein angemessenes Wissenschaftsverständnis umfassen muss (Priemer, 2006). Die Schülerpaare und Schülerinnen des Interviews haben in Ansätzen ein angemessenes wissenschaftliches Denken und ein angemessenes Wissenschaftsverständnis im Bereich des Experimentierens erkennen lassen. Dies verweist auf eine Korrelation zwischen den Konstrukten, wie sie in der Literatur häufig angenommen wird und bereits

festgestellt wurde (Kremer, 2010). Im Folgenden sollen die möglichen Zusammenhänge zwischen dem wissenschaftlichen Denken und dem Wissenschaftsverständnis der untersuchten Fallanalysen kritisch dargestellt werden.

Im Zusammenhang zwischen dem wissenschaftlichen Denken sowie dem Wissenschaftsverständnis konnten Konsistenz und Inkonsistenz bei den Schülerlösungen und Schüleräußerungen festgestellt werden. Bei den Konsistenzen existieren zwei Fälle. Einerseits wird das wissenschaftliche Denken angewandt und ein gewisses angemessenes Wissenschaftsverständnis liegt vor. Andererseits wird das wissenschaftliche Denken nicht angewandt, aber es liegt auch kein angemessenes Wissenschaftsverständnis vor (Beispiele: vgl. Tab. 22). Dies entspricht der angenommenen Korrelation zwischen den Kompetenzkonstrukten der Erkenntnisgewinnung und einer möglicherweise vorliegenden Kausalität. Neben den konsistenten Vorstellungen konnten jedoch auch Inkonsistenzen im Zusammenhang zwischen den Kompetenzkonstrukten beobachtet werden. Bei den Inkonsistenzen konnten ebenfalls zwei Fälle identifiziert werden. Einerseits wird das wissenschaftliche Denken angewandt und ein naives Wissenschaftsverständnis liegt zugrunde. Andererseits wird das wissenschaftliche Denken nicht angewandt, aber es liegt ein angemessenes Wissenschaftsverständnis vor (Beispiele: vgl. Tab. 19). Der zweite Fall scheint zum Teil darin begründet, dass die Schülerinnen die Wichtigkeit der Anwendung der Charakteristika im eigenen Experiment nicht als essentiell ansehen. Die Schülerinnen sagen, dass diese Charakteristika für Wissenschaftler wichtiger sind.

Tabelle 19: Konsistenz und Inkonsistenz des Zusammenhangs zwischen dem wissenschaftlichen Denken und dem Wissenschaftsverständnis.

Kompetenzkonstrukt	Wissenschaftliches Denken wird angewendet	Wissenschaftliches Denken wird nicht angewendet
Informatives Wissenschaftsverständnis	<u>Konsistenz</u> Beispiel: Unabhängige Variablen werden im Bereich der Hypothesenbildung bestimmt und die „Herkunft“ wird angemessen erkannt	<u>Inkonsistenz</u> Beispiel: Es findet kein Rückschluss auf die Hypothese in der Datenanalyse statt, obwohl das „Ziel von Experimenten“ informativ besteht.
Naives Wissenschaftsverständnis	<u>Inkonsistenz</u> Beispiel: Der Vergleich der Daten wird vorgenommen, jedoch besteht ein naives Wissenschaftsverständnis.	<u>Konsistenz</u> Beispiel: Die Methodendiskussion und Fehleranalyse aus dem Bereich der Experimentplanung wird nicht durchgeführt und es wird ein naives Wissenschaftsverständnis benannt.

Diese zwei letzten Fälle im Bereiche des inkonsistenten Zusammenhangs der Kompetenzkonstrukte beweisen, dass das Modell der Korrelation nicht ausreichend fein ist, um den Zusammenhang der komplexen Kompetenzkonstrukte für die zwei Fallanalysen zu erfassen.

Im Vergleich zu den zuvor angebrachten Beispielen, in denen eine Konsistenz zwischen den Schülerpaaren und Vorstellungen der Schülerinnen besteht, gibt es zudem noch Aussagen, bei denen auch Inkonsistenzen zwischen den Schülergruppen bestehen. Dabei existieren Inkonsistenzen in jeweils einem Bereich der Erkenntnisgewinnung, während der andere Bereich konsistent ist (vgl. Tab. 20).

Tabelle 20: Inkonsistenzen zwischen den Fallanalysen im Bereich des wissenschaftlichen Denkens und des Wissenschaftsverständnisses.

Kompetenzkonstrukt	Wissenschaftliches Denken	Wissenschaftsverständnis
Beispiel	Im Bereich der Messung der abhängigen Variable haben beispielsweise beide Schülerinnen ein angemessenes Wissenschaftsverständnis, jedoch wird die abhängige Variable des Balzverhaltens nur von einem Schülerpaar mündlich operationalisiert.	Im Bereich der Kontrolle der Störgrößen in der Experimentplanung und der Interpretation der Daten in der Datenanalyse wenden beide Schülerpaare die Charakteristika an, jedoch hat die eine Schülerin im Interview ein naives und die andere ein informatives Verständnis.

Außerdem konnten Inkonsistenzen im Wissenschaftsverständnis festgestellt werden. Beispielsweise wird die mathematische Beschreibung von beiden Schülerinnen als vorteilhaft angesehen, aber die Anwendung als nicht notwendig erachtet. Des Weiteren stellte sich heraus, dass das wissenschaftliche Denken in den schriftlichen und mündlichen Daten nur gering variierte. Es zeigte sich aber, dass im Interview durch das Nachfragen neue Aspekte des wissenschaftlichen Denkens ergeben haben. Variationen zwischen den Fallanalysen bestanden zudem in den verschiedenen Anwendungen der Begründungstypen bei der Hypothesenbildung und den Interpretationstypen bei der Datenanalyse.

Es wurde deutlich, dass komplexe Zusammenhänge zwischen den Kompetenzkonstrukten bestehen. Die Vermittlung der Erkenntnisgewinnung in der Schule muss diesen Zusammenhängen Rechnung tragen. Im Folgenden werden mögliche Konsequenzen für den kompetenzorientierten Unterricht im Bereich des Experimentierens aufgeführt.

In Deutschland ist es bisher so, dass das Wissenschaftsverständnis durch das Erlernen des wissenschaftlichen Denkens miterlernt werden soll (Mayer, 2007). Im Lösungsprozess der Schülerpaare wurde deutlich, dass selten mittels des Wissenschaftsverständnisses argumentiert wird und zum Teil inkonsistente Vorstellungen bestehen. Dies verweist auf eine einseitige Vermittlung des wissenschaftlichen Denkens ohne einen Bezug zum Wissenschaftsverständnis. Die Auseinandersetzung mit dem Phänomen auf der Basis des wissenschaftlichen Denkens, wie es an deutschen Schulen vorherrschend ist, genügt nicht, um die Kompetenz der Erkenntnisgewinnung angemessen zu erlernen. Die Hoffnung, implizit bei der Vermittlung wissenschaftsmethodischer Denk- und Arbeitsweisen ein angemessenes Verständnis der Charakteristika von Naturwissenschaft als „Nebenprodukt“ gleich mit zu fördern, ist somit nicht ohne weiteres haltbar (Kremer et al., 2007a). Aus diesem Grund muss sich von der Ansicht verabschiedet werden, dass durch die Förderung eines Kompetenzkonstruktes das andere Konstrukt automatisch erworben wird. Die Integration des Wissenschaftsverständnisses und der Bezug der Kompetenzkonstrukte zueinander ist grundlegend, um ein angemessenes Kompetenzniveau im Bereich der Erkenntnisgewinnung zu erlangen (Ledermann; Wodzinski, 2010) und somit den obigen Fällen gerecht zu werden.

Im Unterricht sollten beide Kompetenzkonstrukte gefördert und vor allem in Beziehung zueinander gesetzt werden. Beim Experimentieren bietet es sich in der Hypothesenphase die „Herkunft“, während der Experimentplanung die „Sicherheit“ und in der Datenanalyse den „Zweck der Naturwissenschaften“ zu reflektieren. Eine explizit-reflektierte Betrachtung des wissenschaftlichen Denkens und Wissenschaftsverständnis ist notwendig (Labudde, 2010). Die Bedeutsamkeit der Beziehung der beiden Konstrukte wurde auch bei dem Lösungspro-

zess der Schülerpaare deutlich. Zum Teil hinterfragten die Schülerinnen Aspekte des wissenschaftlichen Denkens und versuchten eine Erklärung mit dem Wissenschaftsverständnis zu finden. Der Bezug zum Wissenschaftsverständnis wirkt vor allem der unreflektierten Hin- nahme entgegen und fördert die kritische Sichtweise. Im Unterricht muss darauf geachtet werden, dass beim expliziten-reflektierten Betrachten beider Kompetenzkonstrukte der Er- kenntnisgewinnung ein kumulatives Lernen stattfindet und mit Hilfe vieler Beispiele die Kom- petenz der Erkenntnisgewinnung erworben wird. Weitere Zugänge wären beispielsweise der experimentell-forschende oder der historische Unterricht (Labudde, 2010; Kremer et al., 2007a). Wobei ein rein implizierter Erwerb nicht zur Verbesserung des Wissenschaftsverst- ändnisses ausreicht (Kremer et al., 2008). Konkrete Lernformen, die der Zusammenfüh- rung der Bereiche dienen können, sind das entdeckende, forschende oder problemorientierte Lernen (Hof & Mayer, 2008). Dem offenen Lernen kann eine Bedeutung zukommen, um die Individualität der Schüler zu beachten. Aus den inkonsistenten Vorstellungen zwischen den Schülerinnen, die vermutlich durch die verschiedenen Personenvariablen zustande kommen (vgl. Kapitel 2.1.1), kann die Notwendigkeit der individuellen Förderung gezogen werden. Es reicht nicht aus zu schauen, ob eine Aussage zu dem Kompetenzkonstrukt gemacht wird. Es muss detailliert betrachtet werden, ob das Konstrukt Fehler aufweist, um diese individuell beheben zu können. Beim offenen Lernen sind dabei vor allem open inquiry, bei dem die Schüler eigene Experimente durchführen und das geplante Ergebnis noch nicht feststeht, aber der Ausgang dem Lehrer bekannt ist und guided inquiry, bei dem Experimente vorge- geben, aber selber geplant werden und somit der Lehrer die Ergebnisse und den Ausgang kennt, bedeutend (Hof & Mayer, 2008).

Vergleicht man das wissenschaftsorientierte Vorgehen der Lerner mit wissenschaftlichen Kriterien des Experimentierens wird deutlich, dass Lerner relativ wissenschaftsnahe Vorstel- lungen vom naturwissenschaftlichen Vorgehen haben. Unterschiede zeigen sich in der Be- wertung und Ausführung einzelner Punkte (Niebert & Gropengießer, 2006). Der scheinbaren Unterschätzung des eigenen Forschens, die festgestellt wurde und eventuell einen Grund für das inkonsistente Verständnis darstellt, muss entgegengewirkt werden. Den Schülern muss mit Hilfe eines kognitiven Konflikts bewusst werden, dass sie ebenso ein Recht auf sicheres Wissen, wie Wissenschaftler, haben. Die Betrachtung der Gütekriterien des Experimentie- rens könnte die Bedeutung der Dimensionen des Wissenschaftsverständnisses untermau- ern. Eine Konsequenz des reflexiven Umgangs mit dem Wissenschaftsverständnis zeigte sich in der Studie, denn die Schülerinnen brachten im Interview, während der Reflexion neue Ideen zum Bereich des wissenschaftlichen Denkens.

Neben dem Bezug der Kompetenzkonstrukte ist die grundlegende Klärung der einzelnen Konstrukte wichtig. Den Schülerinnen fehlen zum Teil grundlegende Elemente zu den Cha- rakteristika des Experimentierens und den Vorstellungen zum experimentellen Wissen- schaftsverständnis und deren Bedeutsamkeit. Eine Einführung in die experimentelle Metho- dik und das experimentelle Wissenschaftsverständnis vor Beginn der eigentlichen Durchfüh- rungen, durch ein Methodentraining kann sinnvoll sein (Mayer & Ziemek, 2006; Hammann et al., 2006; Moisl, 1988), wobei eine moderat-konstruktivistische Ausrichtung des Unterrichts, das heißt ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Instruktion und Eigenaktivität, bestehen muss (Hellmich & Höntges, 2010).

Mit der Methode des lauten Denkens wurde deutlich, dass sich die Erfassung des Wissen- schaftsverständnisses auf der Grundlage von authentischen eigenen Lösungen im Bereich

des wissenschaftlichen Denkens anbietet. Die Zugrundelegung der Daten ermöglicht, dass das Wissenschaftsverständnis gut erläutert werden kann und nicht abstrakt und losgelöst vom Kontext abgefragt wird. Die Diagnoseaufgaben in Kombination mit der Methode des lauten Denkens können der Diagnose von Schülerleistungen dienen. Es hat sich gezeigt, dass sich der Kontext des Experimentierens sich zur Erfassung des wissenschaftlichen Denkens und des Wissenschaftsverständnisses eignet. Aus dem Gebiet des Experimentierens mit biologischem Kontext konnten viele Dimensionen des Wissenschaftsverständnisses der Schüler ausgemacht und analysiert werden. Im Bereich der Diagnoseaufgabe der Hypothesenbildung müsste noch der Aspekt einbezogen werden, ob Schüler zwischen relevanten und irrelevanten Faktoren unterscheiden können. Dieser Faktor ist zu gering vertreten, da eigentlich nur die Bodenfeuchtigkeit als unplausibel angesehen werden kann.

Diese aufgeführten Fälle, Besonderheiten und sich daraus ergebenden Konsequenzen konnten bei den zwei Fallanalysen festgestellt werden. Im weiteren Forschungsprozess müsste man vertiefend untersuchen, ob dies nur Einzelfälle sind oder ob eine Generalisierung möglich ist. Ansätze für vertiefende Untersuchungen wären zudem die Untersuchung der Ursachen für die vorliegenden Fälle und die Überprüfung des Einflusses von Fachwissen für das wissenschaftliche Denken und das Wissenschaftsverständnis.

7 Zusammenfassung

Im Verlauf dieser wissenschaftlichen Hausarbeit wurde das Experiment als Erkenntnis- methode betrachtet und wichtige Charakteristika der Hypothesenbildung, Experimentplanung und Datenanalyse als Teile des wissenschaftlichen Denkens theoretisch hergeleitet. Zudem wurde das allgemeine Wissenschaftsverständnis auf das experimentelle Wissenschaftsverständnis übertragen und erweitert. Zur Überprüfung der Charakteristika des wissenschaftlichen Denkens bei zwei Schülerpaaren wurden kompetenzorientierte Diagnoseaufgaben und das laute Denken genutzt. Das Wissenschaftsverständnis wurde in Bezug auf die Diagnoseaufgaben und die eigenen Lösungen mit Hilfe eines entworfenen Leitfadenterviews mit der Methode des nachträglichen lauten Denkens bei zwei Schülerinnen überprüft. Auf Grundlage von Codierleitfäden wurden die schriftlichen und mündlichen Daten ausgewertet. Bei den Schülerinnen der Klassenstufe 10 zeigte sich, dass sie im Bereich des wissenschaftlichen Denkens und des Wissenschaftsverständnisses Vorstellungen besitzen, die bereits in der Sekundarstufe I der Förderung bedürfen. Diese ist notwendig, da das Verstehen des hypothetisch-deduktiven Verfahrens dazu beiträgt, dass das Lernen von naturwissenschaftlichen Inhalten erleichtert wird (Vorst, 2007).

Die Ergebnisse der Studie lassen den Schluss zu, dass ein Zusammenhang zwischen dem wissenschaftlichen Denken und dem Wissenschaftsverständnis der Erkenntnisgewinnung bei den Fallanalysen vorliegt, welcher jedoch mit einem komplexeren Modell als der Korrelation beschrieben werden muss. Für den Unterricht kann auf Grundlage der Fallanalysen festgehalten werden, dass das wissenschaftliche Denken und das Wissenschaftsverständnis stärker im Zusammenhang geschult werden muss. Der explizit-reflektierte Umgang ist in beiden Teilbereichen der Erkenntnisgewinnung notwendig, da das Ziel des Unterrichts darin besteht eine naturwissenschaftliche Grundbildung, mit beiden Kompetenzkonstrukten der Erkenntnisgewinnung zu vermitteln. Im Unterricht kann das Experimentieren dem Zweck

dienen, wissenschaftliches Denken zu fördern und den Bezug explizit zum Wissenschaftsverständnis zu schaffen und die Aspekte in Bezug zueinander zu reflektieren.

Auf Grundlage der Studie können die folgenden Hypothesen und Fragen formuliert werden, die in weiteren Studien auf ihre Gültigkeit und Allgemeinheit zu überprüfen sind.

- Gibt es Unterschiede bei schriftlichen und mündlichen Schülerpaarlösungen im Bereich des wissenschaftlichen Denkens?
 - Schriftliche und mündliche Lösungen von Schülerpaaren unterscheiden sich nur minimal.
- Ist der explizit-reflektierte Umgang mit dem Wissenschaftsverständnis förderlich für das wissenschaftliche Denken?
 - Der explizit-reflektierte Umgang mit dem Wissenschaftsverständnis führt zu einem differenzierteren wissenschaftlichen Denken.
- Welcher Zusammenhang besteht zwischen dem wissenschaftlichen Denken und dem Wissenschaftsverständnis?
 - Zwischen dem wissenschaftlichen Denken und dem Wissenschaftsverständnis kann ein konsistenter Zusammenhang beobachtet werden.
 - Zwischen dem wissenschaftlichen Denken und dem Wissenschaftsverständnis kann ein inkonsistenter Zusammenhang beobachtet werden.
- Gibt es Muster bei den vorliegenden Zusammenhängen?
- Führt das prozedurale und deklarative Wissen der Schüler zu inkonsistenten Vorstellungen im Bereich der Erkenntnisgewinnung zwischen den Schülern?
- Wie kommen die widersprüchlichen Wissenschaftsverständnisse zustande?

Literaturverzeichnis

- AAAS (American Association for the Advancement of Science) (1989). *Science for all Americans*. Washington, DC.
- Atteslander, P. (2010). *Methoden der empirischen Sozialforschung* (13., neu bearb. und erw. Aufl.). *ESV basics*. Berlin: Schmidt.
- Bardy-Durchhalter, M., & Radits, F. (2010). Wissenschaftsverständnis von SchülerInnen: Exploration sozial konstruierter Bilder über die Naturwissenschaft Biologie. In D. Krüger, A. zu Upmeyer Belzen, & S. Nitz (Eds.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik 9. Beiträge auf der 12. Frühjahrschule der Fachsektion Didaktik der Biologie im Verband Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland (VBIO) -2010 in Neumünster* (pp. 39–54).
- Beller, S. (2008). *Empirisch forschen lernen: Konzepte, Methoden, Fallbeispiele, Tipps* (2., überarb. Aufl.). *Psychologie Lehrtexte*. Bern: Huber.
- Berck, K.-H., Graf, D., Fischer, A., & Yaman, M. (2010). *Biologiedidaktik: Grundlagen und Methoden* (4., völlig überarb. Aufl.). Wiebelsheim: Quelle & Meyer.
- Bise, V. (2008). Problemlösen im *Dialog mit sich selbst: Dialogische Strukturen im inneren Sprechen beim Problemlösen ; eine explorative Studie nach der Methode des lauten Denkens*. Univ., Diss. München, 2008. Marburg: Tectum-Verl.
- Böhm, A. (2010). Theoretisches Codieren: Textanalyse in der Grounded Theory. In U. Flick, E. v. Kardorff, & I. Steinke (Eds.), *Rororo Rowohlt's Enzyklopädie: Vol. 55628. Qualitative Forschung. Ein Handbuch* (8th ed., pp. 475–485). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt-Taschenbuch-Verl.
- Bortz, J., & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation: Für Human- und Sozialwissenschaftler ; Mit 156 Abbildungen und 87 Tabellen* (4., überarb. Aufl., Nachdr.). *Springer-Lehrbuch Bachelor, Master*. Heidelberg: Springer-Medizin-Verl.
- Bullock, M., & Sodian, B. (2003). Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens. In W. Schneider & M. Knopf (Eds.), *Entwicklung, Lehren und Lernen* (pp. 75–92). Göttingen: Hogrefe Verl. für Psychologie.
- Flick, U., Kardorff, E. v., & Steinke, I. (2010). Was ist qualitative Forschung? Einleitung und Überblick. In U. Flick, E. v. Kardorff, & I. Steinke (Eds.), *Rororo Rowohlt's Enzyklopädie: Vol. 55628. Qualitative Forschung. Ein Handbuch* (pp. 13–29). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt-Taschenbuch-Verl.
- Frommann, U. (2005). *Die Methode "Lautes Denken"*, from http://www.e-teaching.org/didaktik/qualitaet/usability/Lautes%20Denken_e-teaching_org.pdf.
- Funke, J. (2003). *Problemlösendes Denken* (1. Aufl.). *Kohlhammer Standards Psychologie*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Gott, R., Duggan, S., Roberts, R., & Hussain, A. (2010). *Research into Understanding Scientific Evidence*, from <http://www.dur.ac.uk/rosalyn.roberts/Evidence/cofev.htm>.
- Gropengießer, H., & Kattmann, U. (2010). *Fachdidaktik Biologie: Begründet von D. Eschenhagen, U. Kattmann, D. Rodi* (8. Auflage [Neudruck]). Köln: Aulis-Verl.
- Gropengießer, H., Kattmann, U., & Krüger, D. (2010). *Biologiedidaktik in Übersichten* ([Nachdr.]). Köln: Aulis-Verl.
- Grube, C. (2010). *Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Untersuchung der Struktur und Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I: Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades des Doktors der Naturwissenschaften (Dr.rer.nat.)*. Kassel.

- Grube, C., Möller, A., & Mayer, J. (2007). Dimensionen eines Kompetenzstrukturmodells zum Experimentieren. In H. Bayrhuber, U. Harms, D. Krüger, A. Sandmann, U. Unterbruner, A. zu Upmeier Belzen, et al. (Eds.), *Ausbildung und Professionalisierung von Lehrkräften. Abstracts. Internationalen Tagung der Fachgruppe Biologiedidaktik im VBIO - Verband Biologie, Biowissenschaften & Biomedizin. 16.09 bis 20.09.2007 in Essen.* (pp. 31–34). Kassel: Univ. Kassel.
- Grupe, H. (1977). *Biologiedidaktik*. Köln: Aulis-Verl.
- Hager, W., Spies, K., & Heise, E. (2001). *Versuchsdurchführung und Versuchsbericht: Ein Leitfaden* (2., überarb. und erw. Aufl.). Göttingen: Hogrefe Verl. für Psychologie.
- Hammann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle: Merkmale und ihre Bedeutung - dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. *MNU*, 57(4), 196–203.
- Hammann, M. (2007). Das Scientific Discovery as Dual Search-Modell. In D. Krüger & H. Vogt (Eds.), *Springer-Lehrbuch. Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (pp. 187–196). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Hammann, M., Phan, T. T. H., Ehmer, M., & Bayrhuber, H. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. *MNU*, 59(5), 292–299.
- Hellmich, F., & Höntges, J. (2010). Wissenschaftliches Denken in der Grundschule. In H. Köster, F. Hellmich, & V. Nordmeier (Eds.), *Handbuch Experimentieren* (pp. 69–81). Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren.
- Hessisches Kultusministerium (2011). *Bildungsstandards und Inhaltsfelder. Das neue Kerncurriculum für Hessen: Sekundarstufe I - Gymnasium. Biologie*, from http://www.iq.hessen.de/irj/servlet/prt/portal/prtroot/slimp.CMReader/HKM_15/IQ_Internet/med/b23/b2335d0c-f86a-821f-012f-31e2389e4818,22222222-2222-2222-2222-222222222222.
- Hof, S., & Mayer, J. (2008). Förderung von wissenschaftsmethodischen Kompetenzen durch Forschendes Lernen: Ein Vergleich zwischen direkter Instruktion und Guided-Scientific-Inquiry. In D. Krüger, A. zu Upmeier Belzen, T. Riemeier, & K. Niebert (Eds.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik 7. Beiträge auf der 10. Frühjahrsschule der Sektion Biologiedidaktik im VBIO in Hannover* (pp. 69–84). Hannover: Universitätsdruckerei Kassel.
- Hofheinz, V. (2008). Erwerb von Wissen über die Natur der Naturwissenschaft durch Rekonstruktion historischer Forschungsprozesse. In D. Höttecke (Ed.), *Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Essen 2007* (pp. 269–271). Münster: LIT-Verl.
- Höttecke, D. (2008). Fachliche Klärung des Experimentierens. In D. Höttecke (Ed.), *Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Essen 2007* (pp. 293–295). Münster: LIT-Verl.
- Hussy, W., Schreier, M., & Echterhoff, G. (2010). *Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften für Bachelor*. Berlin: Springer.
- Kauertz, A., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E., & Walpuski, M. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 135–153.
- Kempf, W. (2009). *Forschungsmethoden der Psychologie: Zwischen naturwissenschaftlichem Experiment und sozialwissenschaftlicher Hermeneutik. Band I: Theorie und Empirie* (3. Aufl.). *Hochschullehrbücher: Vol. 2*. Berlin: Regener.
- Killermann, W., Hiering, P., & Starosta, B. (2011). *Biologieunterricht heute: Eine moderne Fachdidaktik* (14. Aufl., [überarb. und aktualisierte Neuaufl.]). *Didaktik*. Donauwörth: Auer.
- Klauer, K. J. (2005). *Das Experiment in der pädagogisch-psychologischen Forschung: Eine Einführung* ([Repr. der] Orig.-Ausg. Päd. Verl. Schwann, 1973.). *Standardwerke aus Psychologie und Pädagogik, Reprints: Vol. 2*. Münster: Waxmann.

- KMK [Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland] (2005). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16.12.2004*. München: Luchterhand.
- Knoblich, G., & Öllinger, M. (2006). Die Methode des Lauten Denkens: The Methode of Thinking Aloud. In J. Funke & P. A. Frensch (Eds.), *Handbuch der Allgemeinen Psychologie - Kognition* (pp. 691–696). Göttingen: Hogrefe.
- Kremer, A., & Schlüter, K. (2007). Analyse des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses beim forschend-entdeckenden Lernen im Fach Biologie - Gehen Schüler so vor, wie wir es erwarten? In H. Bayrhuber, U. Harms, D. Krüger, A. Sandmann, U. Unterbruner, A. zu Upmeier Belzen, et al. (Eds.), *Ausbildung und Professionalisierung von Lehrkräften. Abstracts. Internationalen Tagung der Fachgruppe Biologiedidaktik im VBIO - Verband Biologie, Biowissenschaften & Biomedizin. 16.09 bis 20.09.2007 in Essen*. (pp. 43–46). Kassel: Univ. Kassel.
- Kremer, K., Urhahne, D., & Mayer, J. (2007a). Das Verständnis Jugendlicher von der Natur der Naturwissenschaft: Wege der Kompetenzförderung und Kompetenzdiagnostik. In H. Vogt, D. Krüger, A. zu Upmeier Belzen, M. Wilde, & K. Bätz (Eds.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik 6. Beiträge auf der 9. Frühjahrsschule der Sektion Biologiedidaktik im VDBiol in Bielefeld – 2007* (pp. 37–52).
- Kremer, K., Urhahne, D., & Mayer, J. (2007b). Das Verständnis von der Natur der Naturwissenschaften als Kompetenzdimension der Erkenntnisgewinnung. In H. Bayrhuber, U. Harms, D. Krüger, A. Sandmann, U. Unterbruner, A. zu Upmeier Belzen, et al. (Eds.), *Ausbildung und Professionalisierung von Lehrkräften. Abstracts. Internationalen Tagung der Fachgruppe Biologiedidaktik im VBIO - Verband Biologie, Biowissenschaften & Biomedizin. 16.09 bis 20.09.2007 in Essen*. (pp. 47–50). Kassel: Univ. Kassel.
- Kremer, K., Urhahne, D., & Mayer, J. (2008). Naturwissenschaftsverständnis und wissenschaftliches Denken bei Schülerinnen und Schülern der Sek. I. In U. Harms & A. Sandmann (Eds.), *Forschungen zur Fachdidaktik: Vol. 10. Ausbildung und Professionalisierung von Lehrkräften. Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie im VBIO, Essen 2007* (pp. 29–43). Innsbruck: StudienVerlag.
- Kremer, K. H. (2010). *Die Natur der Naturwissenschaften verstehen - Untersuchungen zur Struktur und Entwicklung von Kompetenzen in der Sekundarstufe I: Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades des Doktors der Naturwissenschaften*. Kassel.
- Krüger, D. (2009). Bezaubernde Biologie - mit Hypothesen der Lösung auf der Spur. *MNU*, 62(1), 41–46.
- Kuckartz, U. (2007). *Einführung in die computergestützte Analyse qualitativer Daten* (2. aktualisierte und erweiterte Aufl.). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften (GWV).
- Labudde, P. (2010). *Fachdidaktik Naturwissenschaft: 1. - 9. Schuljahr* (1. Aufl.). *UTB Pädagogik: Vol. 3248*. Bern: Haupt.
- Ledermann, N. G. "Definitions" of nature of science and scientific inquiry that guide project ICAN: A cheat sheet, from <http://msed.iit.edu/projectican/documents/Subjectmatterwithoutcontext-acheatsheet.pdf>.
- Leonhart, R. (2008). *Psychologische Methodenlehre - Statistik: Mit 21 Abbildungen und 40 Tabellen. Mit 64 Übungsfragen. UTB basics: Vol. 3064*. München: Reinhardt.
- Lerchner, W., & Schmidt, L. (1999). Wissenschaftspropädeutik im Biologieunterricht der gymnasialen Oberstufe - Trends und Perspektiven. In H. Bayrhuber, K. Etschenberg, U. Gebhard, K. H. Gehlhaar, R. Hedewig, Hesse, et al. (Eds.), *IPN: Vol. 166. Biologie und Bildung. 11. internationale Tagung der Sektion Biologiedidaktik im VDBiol vom 14.9. bis 19.9.1997 in Essen* (pp. 235–240). Kiel: IPN.
- Mayer, J. (2004). Qualitätsentwicklung im Biologieunterricht. *MNU*, 57(2), 92–99.

- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Eds.), *Springer-Lehrbuch. Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (pp. 177–186). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Mayer, J., Grube, C., & Möller, A. (2008). Kompetenzmodell naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. In U. Harms & A. Sandmann (Eds.), *Forschungen zur Fachdidaktik: Vol. 10. Ausbildung und Professionalisierung von Lehrkräften. Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie im VBiO, Essen 2007* (pp. 63–79). Innsbruck: StudienVerlag.
- Mayer, J., Harms, U., Hammann, M., Bayrhuber, H., & Kattmann, U. (2004). Kerncurriculum Biologie der gymnasialen Oberstufe. *MNU*, 57(3), 166–173.
- Mayer, J., & Ziemek, H. P. (2006). Offenes Experimentieren: Forschendes Lernen im Biologieunterricht. *Unterricht Biologie*, 317, 4–12.
- Mayring, P. (2010a). Qualitative Inhaltsanalyse. In U. Flick, E. v. Kardorff, & I. Steinke (Eds.), *Rororo Rowohlt's Enzyklopädie: Vol. 55628. Qualitative Forschung. Ein Handbuch* (8th ed., pp. 468–475). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt-Taschenbuch-Verl.
- Mayring, P. (2010b). Qualitative *Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (11., aktualisierte und überarb. Aufl.). *Studium Paedagogik*. Weinheim: Beltz.
- Meisert, A. (2007). Zur Diskussion gestellt: Über den Umgang mit Hypothesen. *MNU*, 60(7), 431–440.
- Miller, R., & Wynne, B. (1988). Public understanding of science: from contents to process. *International Journal of Science Education*, 10(4), 388–398.
- Moisl, F. (1988). Experimente. *Unterricht Biologie*, 132(12), 4–10.
- Niebert, K., & Gropengießer, H. (2006). Wachsen Haare schneller, wenn man sie öfter schneidet?: Eine Untersuchung über Vorstellungen zum Experimentieren. In H. Vogt, D. Krüger, Marsch, & Sabine (Eds.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik 5. Ausgewählte Beiträge der 7. Frühjahrsschule der Sektion Biologiedidaktik im VdBiO in Berlin – 2006* (pp. 7–21). Kassel, Berlin: Universitätsdruckerei Kassel.
- NRC (National Research Council) (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Ohly, K. P. (2003). Hypothesen und Theorien im Unterricht: Wissenschaftstheoretische Überlegungen. *Praxis der Naturwissenschaften - Biologie in der Schule*, 52(8), 1–5.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., & Duschl, R. (2003). What "ideas about science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, (40), 692–720.
- Paus-Haase, I., & Schorb, B. (2000). *Qualitative Kinder- und Jugendmedienforschung: Theorie und Methoden ; ein Arbeitsbuch*. München: KoPäd-Verl.
- Pfeiffer, D. K., & Püttmann, C. (2006). *Methoden empirischer Forschung in der Erziehungswissenschaft: Ein einführendes Lehrbuch*. Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren.
- Priemer, B. (2006). Deutschsprachige Verfahren der Erfassung von epistemologischen Überzeugungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 159–175.
- Puthz, V. (1988). Experiment oder Beobachtung?: Überlegungen zur Erkenntnisgewinnung in der Biologie. *Unterricht Biologie*, 132(12), 11–13.
- Raithel, J. (2006). *Quantitative Forschung: Ein Praxiskurs*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften/GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden.
- Roberts, R. (2001). Procedural understanding in biology: the "thinking behind the doing". *Journal of Biological Education*, 35(3), 113–117.

- Rost, J., Prenzel, M., Carstensen, C. H., & Senkbeil, M. G. K. (2004). *Naturwissenschaftliche Bildung in Deutschland: Methoden und Ergebnisse von Pisa 200*. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Sedlmeier, P., & Renkewitz, F. (2008). *Forschungsmethoden und Statistik in der Psychologie. PSPsychologie*. München: Pearson Studium.
- Selting, M., Auer, P., Barth-Weingarten, D., Bergmann, J., Bergmann, P., Birkner, K., et al. (2009). Gesprächsanalytisches Transkriptionssystem 2 (GAT 2). *Gesprächsforschung - Online-Zeitschrift zur verbalen Interaktion*, 10, 353–402, from www.gespraechsforschung-ozs.de.
- Sodian, B., Thoermer, C., Kircher, P., Grygier, P., Günther, & J (2002). Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule. *Zeitschrift der Pädagogik*, (45. Beiheft), 192–206.
- Spörhase-Eichmann, U., & Ruppert, W. (2010). *Biologie-Didaktik: Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II* (4. Aufl.). Berlin: Cornelsen.
- Staeck, L. (2010). *Zeitgemäßer Biologieunterricht: Eine Didaktik für die Neue Schulbiologie* (7. unveränd. Aufl., Jubiläumsausg.). Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- Trimmel, M. (2009). *Wissenschaftliches Arbeiten in Psychologie und Medizin* (1. Aufl.). *UTB Schlüsselkompetenzen Psychologie, Medizin: Vol. 3079*. Wien: Facultas.wuv.
- Uhlendorff, H., & Prengel, A. (2009). Forschungsperspektiven quantitativer Methoden im Verhältnis zu qualitativen Methoden. In B. Frieberthäuser & et al. (Eds.), *Handbuch Qualitative Methoden in der Erziehungswissenschaft*. (pp. 137–148). Weinheim: Juventa.
- Urhahne, D. (2007). Zusammenhänge epistemologischer Überzeugungen in den Naturwissenschaften mit Lernmotivation, fachspezifischem Selbstkonzept und Lernstrategien. In H. Vogt & A. zu Upmeyer Belzen (Eds.), *Beiträge zur Didaktik. Bildungsstandards - Kompetenzerwerb. Forschungsbeiträge der biologiedidaktischen Lehr- und Lernforschung* (pp. 151–163). Aachen: Shaker.
- Urhahne, D., Kremer, K., & Mayer, J. (2008). Welches Verständnis haben Jugendliche von der Natur der Naturwissenschaften?: Entwicklung und erste Schritte zur Validierung eines Fragebogens. *Unterrichtswissenschaft*, 36(1), 72–94.
- Vorst, S. (2007). "Wenn man etwas nicht erklären kann, sollte man versuchen, es zu verstehen.": Die Entwicklung eines Kategoriensystems zur Ermittlung des Wissenschaftsverständnis von Schülerinnen und Schülern der 5. und 6. Jahrgangsstufe. In H. Vogt, D. Krüger, A. zu Upmeyer Belzen, M. Wilde, & K. Bätz (Eds.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik 6. Beiträge auf der 9. Frühjahrsschule der Sektion Biologiedidaktik im VDBiol in Bielefeld – 2007* (pp. 69–85).
- Weber, M. (2005). Philosophie des biologischen Experiments. In U. Krohs, Toepfer, & G. (Eds.), *Philosophie der Biologie* (pp. 359–378). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Weidle, R., & Wagner, A. C. (1982). Die Methode des Lauten Denkens. In G. L. Huber & H. Mandl (Eds.), *Verbale Daten. Eine Einführung in die Grundlagen und Methoden der Erhebung und Auswertung* (pp. 81–103). Weinheim: Beltz.
- Weinert, F.E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – ein umstrittene Selbstverständlichkeit. In F.E. Weinert (Eds.), *Leistungsmessung in Schulen*. (pp. 17–31). Weinheim und Basel: Beltz.
- Wellnitz, N., & Mayer, J. (2008). Evaluation von Kompetenzstruktur und -niveaus zum Beobachten, Vergleichen, Ordnen und Experimentieren. In D. Krüger, A. zu Upmeyer Belzen, T. Riemer, & K. Niebert (Eds.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik 7. Beiträge auf der 10. Frühjahrsschule der Sektion Biologiedidaktik im VBiO in Hannover* (pp. 129–143). Hannover: Universitätsdruckerei Kassel.
- Werner, M., & Kremer, K. (2010). "Ein Experiment ist das, was der Lehrer macht.": Schülervorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften. In D. Krüger, A. zu Upmeyer Belzen, & S. Nitz (Eds.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik 9. Beiträge auf der 12. Frühjahrsschule der Fach-*

sektion Didaktik der Biologie im Verband Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland (VBIO) -2010 in Neumünster (pp. 135–150).

Winter, S. (2000). *Quantitative vs. Qualitative Methoden*, from http://imihome.imi.uni-karlsruhe.de/nquantitative_vs_qualitative_methoden_b.html.

Wodzinski, R. (2010). Experimentieren lernen. In H. Köster, F. Hellmich, & V. Nordmeier (Eds.), *Handbuch Experimentieren* (pp. 153–169). Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren.