

Denken und Verstehen beim naturwissenschaftlichen Problemlösen – Eine explorative Studie

Zusammenfassung

Die Studie betrachtet Zusammenhänge zwischen wissenschaftlichen Denkprozessen bei der Planung eines Experiments und Experimentierverständnis. Zwei Schülerpaare bearbeiten eine offene Aufgabe zur Experimentplanung im Kontext einer Verhaltensbeobachtung bei Guppys. Das wissenschaftliche Denken der Probanden bei der Bearbeitung wird im Prozess dialogisch verbalisiert und das Gespräch videographiert. Im Anschluss erfolgt die Reflexion der Denkstrukturen im Einzelinterview. Es zeigt sich, dass bei beiden Schülergruppen ein Zusammenhang zwischen dem im Interview geäußerten Verständnis über den experimentellen Forschungsprozess und der Berücksichtigung von Aspekten des wissenschaftlichen Denkens bei der eigentlichen Planung aufgezeigt werden kann. Bezüge zwischen wissenschaftlichem Denken und Experimentierverständnis werden diskutiert.

Schlagwörter: Erkenntnisgewinnung, Experimentieren, Experimentierverständnis, Videostudie

Students Plan and Evaluate an Experiment – Thinking and Understanding during Scientific Problem-Solving

The study examines the relationship between scientific thinking while planing an experiment and the process-related understanding about experimentation. Two pairs of students work on an open-ended task about the planning of an experiment in the context of the courtship behaviour of guppys. The scientific thinking of the students while discussing during their work on the task is video-taped. Subsequently, students' thinking is reflected by an interview. It is outlined that both pairs of students show a relationship between the understanding about experimentation verbalised within the interview and their scientific thinking while talking about the planing of the experiment. References between thinking and understanding about an experiment are discussed.

Keywords: scientific inquiry, experiment, understanding about experimentation, video study

1. Einleitung

Den naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg zu verstehen, wird als ein bedeutsames Element naturwissenschaftlicher Bildung angesehen (Osborne/Collins/Ratcliffe/Millar/Duschl 2003). Der Ansatz des forschenden Lernens ermöglicht die Strukturierung des Lernens analog zum Prozess naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung, der auch als Problemlöseprozess bezeichnet wird (Mayer 2007). Im Rahmen eines solchen problemorientierten Arbeitens erstellen die Lernenden in möglichst offenen Lernarrangements eigenständig Hypothesen, planen naturwissenschaftliche Untersuchungen und interpretieren die gewonnenen Ergebnisse in Hinblick auf die vorab formulierte Fragestellung (Aepkers 2002; Arnold/Kremer 2012; Mayer/Ziemek 2006; Parchmann 2009). Auf diese Weise sollen Lerngelegenheiten geschaffen werden, etwas über das naturwissenschaftliche Denken und damit auch über die Eigenschaften von naturwis-

senschaftlichem Wissen selbst zu lernen und den Weg naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung zu reflektieren (Kircher/Dittmer 2004). Eine solche wissenschaftspropädeutische Perspektive auf naturwissenschaftlichen Unterricht zielt letztlich auf ein besseres Weltverständnis, da die Lernenden befähigt werden sollen, naturwissenschaftliche Erkenntnisse reflektiert in alltägliche Entscheidungsprozesse einbeziehen zu können (v. Falkenhausen 1985).

Die dargelegte Bedeutung des forschenden Lernens für den naturwissenschaftlichen Unterricht ist unstrittig, was auch durch die Verankerung hinführender Kompetenzen zum naturwissenschaftlichen Denken und Arbeiten in den nationalen Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz seit 2005 zum Ausdruck gebracht wird. Wie forschendes Lernen jedoch nachhaltig dazu beitragen kann, dass Schülerinnen und Schüler die naturwissenschaftliche Denkweise besser verstehen, ist auch international ein kontrovers diskutiertes Feld.

Die didaktische Diskussion um die Vermittlung dieser Bildungsziele im Bereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung zeigt Züge auf, die sich auf das in diesem Heft problematisierte Wechselspiel des Selbstentdeckens vs. des Zeigens – verstanden als Instruieren – zurückführen lassen. Es ist empirisch belegt, dass die Entwicklung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen (*scientific inquiry*) durch das forschend-entdeckende Lernen positiv beeinflusst werden kann (Hof 2011). Obschon Kompetenzen des naturwissenschaftlichen Denkens aufseiten der Schüler/innen positiv mit ihrem Naturwissenschaftsverständnis korrelieren (Kremer/Specht/Urhahne/Mayer, 2013), geht man davon aus, dass ein umfassendes Metaverständnis über die Charakteristika naturwissenschaftlichen Wissens und Wissenserwerbs (*nature of science*) nur durch eigenständiges Forschen und Entdecken nicht erlangt wird. Aus diesem Grund wird als Instruktionsstrategie das explizit-reflexive Aufzeigen von Grundideen des Wissenschaftsverständnisses vorgeschlagen und empirisch als lernwirksam bestätigt (Khishfe/Abd-El-Khalick 2002).

Die vorliegenden Befunde beziehen sich jedoch zumeist auf die Bilanzierung von Lernergebnissen aus Instruktionsstudien mit Pre-/Post-Design (Lederman/Lederman/Kim/Ko 2012). Es bleibt offen, in welchem Verhältnis die verschiedenen Instruktionsformen in dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess (optimalerweise) stehen. Hierzu müssten Erkenntnisse darüber herangezogen werden, *wo im* forschend-entdeckenden Lernprozess die Lernenden naturwissenschaftliches Denken *wie* anwenden und *welchen Einfluss* ihr Naturwissenschaftsverständnis auf diese Anwendung hat. Hinweise auf solche Zusammenhänge sollen in der vorliegenden explorativen Studie durch die Analyse einer naturwissenschaftlichen Problemlösesituation gewonnen werden. Ziel ist es, anhand der gewonnenen Ergebnisse Rückschlüsse auf ein lernförderliches Verhältnis von Instruktion und Konstruktion – von Zeigen und Entdeckenlassen – von Prinzipien naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung zu ziehen.

2. Theoretischer Rahmen: Didaktik naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung

Zur Einführung in die Didaktik naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung wird in den folgenden Unterkapiteln über einschlägige Studien zum Verhältnis von naturwissenschaftlichem Denken und Naturwissenschaftsverständnis berichtet, dann werden die Begriffe in Hinblick auf die Verwendung in dieser Studie geklärt. Anknüpfend wird auf die angenommene Wissensrepräsentation des Forschungsgegenstands eingegangen, die dieser Studie zugrunde liegt.

2.1 Zeigen und Entdecken beim forschenden Lernen

Beim forschend-entdeckenden Lernen treten die Lernenden in unterschiedlichen Lernarrangements in die Rolle des Forschers. Dies kann innerhalb einer Unterrichtsstunde im Rahmen eines Projekts, einer Akademie oder im Schülerlabor umgesetzt sein (Messner 2009). Bedeutsam ist hierbei das durch ein authentisches Problem geleitete Arbeiten ohne vorgegebenen Lösungsweg (Parchmann 2009; Funke 2003). Diese Vorgehensweise schult das problemorientierte Denken, das beim naturwissenschaftlichen Arbeiten Parallelen zum naturwissenschaftlichen Denken aufweist (Hof 2011; Mayer 2007). Doch wird hierbei auch automatisch deutlich, welche grundlegenden Eigenschaften dem naturwissenschaftlichen Wissen und naturwissenschaftlichen Methoden zu Eigen sind? Zahlreiche internationale Studien zeigen auf, dass dies nicht der Fall ist (Moss/Abrams/Robb 2001).

Viele dieser Studien wurden im Pre-/Post-Design mit Intervention durchgeführt. Da die Evaluation der Instruktion in ganz unterschiedlichen Kontexten mit einem einheitlichen Instrument (*Views on Nature of Science Questionnaire*, VNOS) durchgeführt wurde, können die Befunde als konsistent gelten (Lederman/Abd-El-Khalick/Bell/Schwartz 2002). Bell, Blair, Crawford und Lederman (2003) untersuchen mit diesem Instrument ein außerschulisches Laborpraktikum, bei dem Schülerinnen und Schüler in den Ferien in die Abläufe eines „echten“ Wissenschaftsbetriebs einer Forschungseinrichtung integriert waren. Im Rahmen des Laborpraktikums wurden naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen vermittelt. Nach achtwöchiger praktischer Forschungstätigkeit zeigte sich, dass nahezu alle Teilnehmer ihre Kenntnisse über die Prozesse naturwissenschaftlicher Forschung erweitern konnten. Ihr Naturwissenschaftsverständnis blieb jedoch nahezu unverändert (Bell et al. 2003). In einer Instruktionsstudie im Zweigruppen-Design von Khishfe und Abd-El-Khalick (2002) erzielte ein experimentell-forschender Unterrichtsansatz bei Sechstklässlern keine messbare Entwicklung des Naturwissenschaftsverständnisses, wohingegen der gleiche Unterrichtsansatz in der Vergleichsgruppe, kombiniert mit einer expliziten durch den Lehrer angeleiteten Reflexion der Charakteristika von Naturwissenschaft, das Wissenschaftsverständnis der Lernenden messbar ausweiten konnte (Khishfe/Abd-El-Khalick 2002).

Somit kann abgeleitet werden, dass die explizite Vermittlung von Metaverständnis und Metawissen über Naturwissenschaft ein sinnvoller Bestandteil im forschend-ent-

deckenden Lernprozess darstellt. Entsprechende Studien sagen aber meist wenig über die tatsächlichen Verknüpfungen von Naturwissenschaftsverständnis und naturwissenschaftlichem Denken bei den Lernenden in der forschenden Problemsituation aus. Diese Forschungslücke ist Gegenstand der hier vorgestellten Studie. Am Beispiel der Planung eines Experiments wird im folgenden Unterkapitel das naturwissenschaftliche Denken von Schüler/innen betrachtet. Ein Experimentierverständnis wird neben der Reflexion sozialer, ethischer und historischer Aspekte als wichtiger Teilaspekt eines umfassenden Naturwissenschaftsverständnisses betrachtet.

2.2 Naturwissenschaftliches Denken bei der Planung eines Experiments

Im Rahmen unserer explorativen Studie setzen wir exemplarisch für den naturwissenschaftlichen Problemlöseprozess eine offene Aufgabe zur Planung eines Experiments ein, die Verhaltensbeobachtungen bei Guppys (insbesondere beim Paarungsverhalten) betrifft.

Der den Schüler/innen gestellten Aufgabe liegt ein Verständnis der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung gemäß dem Kritischen Rationalismus nach Popper zugrunde (Popper 1996). Demnach wird ein wissenschaftlicher Problemlöseprozess als planmäßiges rationales Vorgehen verstanden. Der Ansatz wurde aufgrund seiner Bedeutung für die hypothesengeleitete Strukturierung der Planung eines Experiments mit dem Ziel der Ableitung von aussagekräftigen Resultaten gewählt.

Das theoriegeleitete Experiment ist im Rahmen des hypothetiko-deduktiven Modells des Erkenntniswegs (Popper 1935/1994) eine zentrale Forschungsmethode der Naturwissenschaften, die unter Beachtung von Gütekriterien Aussagen über Kausalzusammenhänge und Generalisierungen in ihrem jeweiligen Gültigkeitsbereich erlaubt. Es wird somit auch für den Unterricht als bedeutsame Methode angesehen, die Lernende im Laufe des Schulunterrichts verstehen und anwenden lernen sollen (Osborne et al. 2003).

Folgende grundlegenden Aspekte des (natur-)wissenschaftlichen Denkens sind für die didaktische Umsetzung der Planung eines Experiments relevant und müssen im Rahmen eines Problemlöseprozesses durchlaufen werden, um zu einer aussagekräftigen Planung zu gelangen (Arnold/Kremer/Mayer 2013; Beller 2008; Gott/Duggan 2007; Hammann 2006; Lubben/Buffler/Campbell/Allie 2001; Mayer/Grube/Möller 2008; Roberts 2001):

- *Die unabhängige Variable verändern:* Die unabhängige Variable ist die Größe, deren Einfluss bzw. Wirkung auf die abhängige Variable (zu messende Größe) untersucht wird. Sie wird daher in einem Experiment systematisch verändert. Hierbei ist es wichtig eine ausreichend feine Variation festzulegen.
- *Die abhängige Variable messen:* In der abhängigen Variable spiegelt sich die Wirkung der unabhängigen Variablen (Ursachen, Bedingungen) wider. In einem Expe-

riment muss diese daher gemessen werden. Hierbei ist es wichtig eine ausreichend feine Messung festzulegen.

- *Störvariablen:* Störvariablen sind Größen, die außer der unabhängigen Variablen Einfluss auf die abhängige Variable haben können. Werden diese im Experiment kontrolliert (durch Gleichhaltung oder Messung), nennt man sie Kontrollvariablen.
- *Messzeiten:* Ist festgelegt, wie die abhängige Variable operationalisiert und gemessen werden soll, müssen die Dauer, die Anzahl und die Intervalle der Messung konkretisiert werden.
- *Messwiederholungen:* Einzelne Messungen bzw. Experimente können immer fehlerbehaftet und unsicher sein. Um die Reliabilität einer Messung bzw. eines Experiments zu erhöhen und belastbare Aussagen treffen zu können, müssen sie mehrmals (oder mit unterschiedlichen Verfahren) durchgeführt werden. Je nach Untersuchungsanlage geht die Messwiederholung mit einer Vergrößerung der Stichprobe einher.

2.3 Verständnis naturwissenschaftlicher Experimente

Aus der Schilderung der für die Planung eines Experiments relevanten Aspekte des (natur-)wissenschaftlichen Denkens werden bereits Bezüge zur Güte eines Experiments deutlich, die als ein Aspekt eines Verständnisses über die Natur der Naturwissenschaften (*nature of science*) von Bedeutung ist. Dabei werden im Folgenden diejenigen didaktisch relevanten Aspekte eines Experimentierverständnisses betrachtet, die sich auf das ausgewählte Modell des idealisierten hypothetiko-deduktiven Erkenntniswegs beziehen. Im Fokus steht, über die Kenntnis und das Nachvollziehen der Methode hinaus, die kritische Reflexion des experimentellen Vorgehens und der daraus gewonnenen Daten sowie deren Interpretation.

In diesem Zusammenhang ist es von Bedeutung zu verstehen, wie die Anlage des Experiments den Gütekriterien Objektivität, Reliabilität und Validität genügt, damit erlaubte Aussagen getroffen werden können (Roberts 2001). Anzustrebende Objektivität beim Experiment bedeutet, dass Versuche unternommen werden müssen, das Experiment und dessen Ergebnisse möglichst unabhängig vom Versuchsleiter durchzuführen (Krüger 2009) und eine möglichst uneingeschränkte Replizierbarkeit vorliegen zu haben (Roberts 2001). Objektivität ist bei der experimentellen Planung besonders bei der Festlegung der Operationalisierung von abhängiger und unabhängiger Variable sowie bei der Festlegung des Untersuchungsdesigns zu prüfen. Objektivität meint in Hinblick auf das idealisierte hypothetiko-deduktive Erkenntnismodell hier, dass das Experiment möglichst in Hinblick auf die jeweilige Person, die Zeit und den Ort unabhängig konstruiert werden soll (Mayer/Ziemek 2006). Unter der Reliabilität versteht man die Zuverlässigkeit und Messgenauigkeit des Experiments. Bei der Überprüfung der Reliabilität sollten mögliche Fehler des Experiments gegeneinander abgewogen werden (Gott/Duggan/Roberts/Hussain 2010). Validität fordert die Gültigkeit des Experiments bezüglich des zu messenden Merkmals (Roberts 2001). Das Experiment soll das mes-

sen, was es zu messen vorgibt. Hier spielt vor allem eine angemessene Betrachtung und Kontrolle von Störgrößen eine Rolle. Validität und Reliabilität des Experiments nehmen unmittelbar Einfluss auf eine Abschätzung der Plausibilität der gewonnenen Befunde.

Bei der Planung eines Experiments müssen die Informationen, die für die gültige Überprüfung der Hypothese benötigt werden, bestimmt werden. Hierbei werden vorhandene Konzepte und Theorien aktiviert, um über Analogisierungen und kreatives Verknüpfen mögliche Lösungsansätze zu generieren (Meisert 2007). 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. Diese Entscheidungen benötigen Kreativität und sind grundlegend für die Güte der Untersuchung.

Die Operationalisierung der unabhängigen und abhängigen Variable, d.h. die Zuordnung einer eindeutig beobachtbaren Merkmalsausprägung, erlaubt hierbei die idealisiert objektive Beobachtung, Erfassung und Messung von Daten (Krüger 2009; Beller 2008). Die relevanten zu untersuchenden Strukturen und Prozesse dürfen hierbei nicht mehr in den Aspekten, die Gegenstand des Experiments sind, verändert werden (Weber 2005).

Die Durchführung mehrerer Messungen der abhängigen Variablen ist für die Sicherstellung der Reliabilität notwendig, da es durch Wiederholungen zu robusteren Wahrscheinlichkeitsaussagen der Ergebnisse kommt. Zudem können somit zufällige Streuungen der Fehler, z.B. instrumenteller oder menschlicher Art, beachtet werden (Krüger 2009; Gott et al. 2010). Bei der Wiederholung von Messungen geht es nicht um das Erzeugen identischer Werte, sondern um das Finden von generalisierbaren Tendenzen. Ungewöhnliche Daten, die nicht um den generellen Mittelwert liegen, sind nicht auszuschließen, sondern benötigen eine genauere Betrachtung, um mögliche Ursachen für diese Ausreißer zu finden (Gott et al. 2010).

Der Vergleich mehrerer Ansätze führt hierbei ebenso zur Erhöhung der Reliabilität und Validität der Ergebnisse. Ein Kontrollversuch, als eine Möglichkeit der Variation, ermöglicht den Ausschluss konkurrierender Erklärungen (Roberts 2001).

Eine Reduktion der Komplexität des Ausgangsphänomens ist beim Experimentieren notwendig, um die Eindeutigkeit der Ergebnisse und damit die angestrebte Objektivität zu gewährleisten (Klauer 2005). Insbesondere bei der Mathematisierung findet dann eine „Herauslösung der Erscheinungen aus ihrem Zusammenhang und [die Konzentration, Anmerkung des Verf.] auf die mathematische Beschreibung und Messung ihrer Funktionen (...) und deren Voraussage oder Vorausberechnung“ (Puthz 1988: 11) statt. Dies bewirkt einerseits eine Präzisierung und feinere Differenzierung der Ergebnisse und dient somit der Reliabilität (Sedlmeier/Renkewitz 2008; Roberts 2001). Zur Wahrung der Validität ist jedoch kritisch zu hinterfragen, in welchem Verhältnis die Komplexitätsreduktion in den untersuchten Variablen zum Ausgangsphänomen steht.

2.4 Zugrunde gelegte Wissensrepräsentation

Die vorliegende Studie betrachtet Wissen von Lernenden im Prozess der experimentellen Planung und Wissen über die Anlage eines solchen Experiments. Auf dieser Basis werden unterschiedliche Dimensionen mentaler Wissensrepräsentationen zugrunde gelegt. Zum einen wird prozedurales Wissen, das im Prozess der Planung zum Ausdruck kommt, betrachtet (Roberts 2001). Hierzu zählen die Aspekte des naturwissenschaftlichen Denkens, die auf die konkrete Aufgabe der Verhaltensbeobachtung bei Guppys angewendet werden. In diesem Zusammenhang geht es um die Beziehung von abhängiger und unabhängiger Variable anhand der formulierten Hypothese, die explizite Identifikation und planmäßige Kontrolle von im Kontext relevanten Störvariablen sowie der sinnvollen Festlegung von Messzeiten und der kontextabhängigen Abschätzung der Relevanz von Messwiederholungen. Zum anderen wird das Experimentierverständnis der Lernenden betrachtet. Hierbei handelt es sich um funktionales Metawissen, das ebenso immer im Bezug zur konkreten Problemsituation betrachtet werden muss (Allchin 2011; Ford 2008). Es handelt sich um Interpretationswissen (Allchin 2011) in Hinblick auf die Gütekriterien des naturwissenschaftlichen Vorgehens, das im Rahmen der Planung eines Experiments zugleich Anwendung findet. Ob und wie ein funktionales Experimentierverständnis mit dem prozeduralen Charakter des naturwissenschaftlichen Denkens bei der Planung eines Experiments in Interaktion tritt, soll im Folgenden näher betrachtet werden.

3. Anlage der explorativen Fallstudien

Im Zentrum der Betrachtung steht die Analyse von prozeduralen Denkprozessen Lernender bei der Planung eines Experiments und dem damit einhergehenden funktionalen Experimentierverständnis im Sinne der Gütekriterien des hypothetiko-deduktiven Modells. In diesem Beitrag werden zwei explorative Fallstudien vorgestellt, die sich mithilfe eines qualitativen ‚quasi-experimentellen‘ Vorgehens, einer offenen Aufgabenstellung (hier zur Planung eines Experiments zum Paarungsverhalten von Guppys), der Forschungsfrage nähern. Die den Schüler/innen gestellten offenen Aufgaben sind so konzipiert, dass sie auch in einem problemorientierten naturwissenschaftlichen Unterricht eingesetzt werden könnten (Arnold et al. 2013).

Folgende Forschungsfragen gilt es in diesem Beitrag zu beantworten bzw. zu diskutieren:

- 1) Welche Aspekte des wissenschaftlichen Denkens berücksichtigen die Lernenden bei der Planung eines Experiments?
- 2) Wie setzen die Lernenden das naturwissenschaftliche Denken in Hinblick auf die Planung eines Experiments ein?

- 3) Welche Bezüge zeigen sich zwischen dem Experimentierverständnis der Lernenden und ihrem naturwissenschaftlichen Denken, das der Planung des Experiments zugrunde liegt?

Im Folgenden soll das methodische Vorgehen dargelegt werden, indem die in der quasi-experimentellen Untersuchung eingesetzte Aufgabe und ihre Ablauf sowie die eingesetzten Erhebungs- und Auswertungsmethoden vorgestellt werden.

3.1 Erhebungsinstrument

Zur Analyse des naturwissenschaftlichen Denkens bzgl. der Planung eines Experiments wurde die Primäraufgabe „Attrappenversuche mit Guppys“ eingesetzt (vgl. Abb. 1).

Abbildung 1: Aufgabe zur „Planung eines Experiments“. (Arnold et al. 2013).

Attrappenversuche mit Guppys

Attrappenversuche

Attrappenversuche sind Versuche mit Nachbildungen von Tieren (Attrappen), die beispielsweise aus Knete hergestellt werden. Attrappenversuche werden in der Verhaltensbiologie häufig verwendet und dienen dazu, herauszufinden, welche Merkmale des nachgebildeten Tieres ein bestimmtes Verhalten bei lebenden Tieren auslösen. Daher besitzt eine Attrappe meist nur bestimmte Merkmale des echten Tiers, die gezielt verändert werden können.

Attrappenversuche sind besonders geeignet zur Untersuchung des Balzverhaltens von Tieren, z. B. von Fischen. Man kann z. B. durch Attrappen von Weibchen die Reaktion der Männchen auf bestimmte Merkmale des Weibchens untersuchen (Abbildung 1).

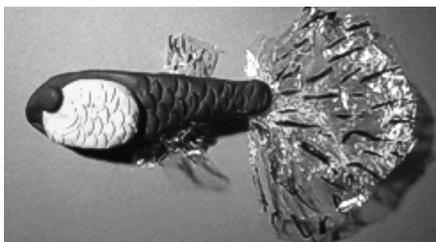


Abb. 1: Attrappe eines Guppy-Weibchens



Abb. 2: Guppys: Weibchen (links) und Männchen (rechts).

Foto: Marrabbio2.

Das Balzverhalten von Guppys

Guppys sind kleine Aquarienfische (Abbildung 2). Männchen werden in der Regel ca. 4 cm und Weibchen ca. 7 cm groß. Guppys haben ein besonders auffälliges Balzverhalten. Ein paarungsbereites Guppy-Männchen wirbt um das Weibchen, indem es ihm den Schwanz zudreht, seinen Körper S-förmig krümmt und dabei die Schwanz- und Rückenflosse auffaltet. Dieses Verhalten nennt man S-Krümmung (Abbildung 3).

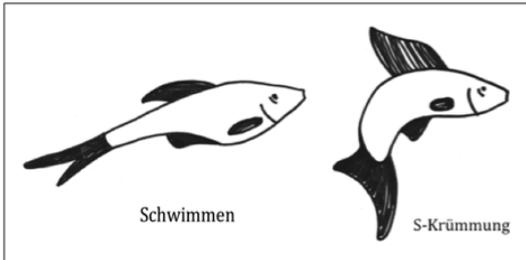


Abb. 3: Guppy-Männchen beim Schwimmen (links) und beim Balzen in S-Krümmung (rechts).

Zeichnung: Kathrin Klöpfel.

Die S-Krümmung ist ein angeborenes Verhalten, das durch bestimmte Reize (Merkmale des Weibchens) regelmäßig ausgelöst werden kann. Je nach Erregung des Männchens erfolgt die S-Krümmung mehrmals nacheinander.

Stelle dir vor, du untersuchst das Balzverhalten von Guppys. Du möchtest herausfinden, welche Merkmale des Weibchens die S-Krümmung der Männchen auslösen, für das Männchen also ein wichtiger Faktor für die Balz ist.

Du vermutest, dass der Weißanteil des Weibchens ein Auslöser für das Balzverhalten des Männchens ist, da er vermutlich ein Anzeichen für die Geschlechtsreife des Weibchens ist.

Deine Hypothese lautet:

Der Weißanteil des Weibchens ist ein Auslöser für die S-Krümmung des Männchens. Je größer der weiße Bauch, desto stärker das Balzverhalten des Männchens.

Aufgabe: Beschreibe möglichst genau, wie ein Experiment (Attrappenversuch) zur Überprüfung dieser Hypothese aufgebaut sein sollte und was dabei zu berücksichtigen ist.

Die Aufgabenstellung besteht aus einem anwendungsorientierten Aufgabentext sowie einer Aufforderung in Hinblick auf die hypothesengeleitete Planung des Experiments. Im Aufgabentext sind die zentralen Elemente des domänenspezifischen Problems dargeboten. Das benötigte Fachwissen, sowie Forschungsfrage und Hypothese sind vorgegeben. Das offene Aufgabenformat ermöglicht eine Erfassung der von den Schülerpaaren selbstständig angewendeten Aspekte des naturwissenschaftlichen Denkens.

Zur Analyse des funktionalen Experimentierverständnisses wird ein Leitfadenterview (vgl. Anhang) eingesetzt. Dabei werden Aspekte des naturwissenschaftlichen Denkens angesprochen, zu denen die Versuchspersonen zuvor keine Aussagen getroffen haben oder die Aussagen sollen vertiefend begründet und gerechtfertigt werden.

3.2 Untersuchungsablauf

Grundlegend besteht die Studie aus zwei Teilen. Der erste Teil besteht in der Bearbeitung der Planungsaufgabe durch Schülerpaare. Die Schülerpaare erhalten den Auftrag ihre experimentelle Planung schriftlich zu fixieren und sich währenddessen über ihre Gedanken verbal auszutauschen. Der Diskurs und die Aufgabenbearbeitung der Schülerpaare wurde videographiert. Der zweite Teil besteht in der Durchführung eines Interviews auf Basis des Videos mit einem der beiden Schüler. Auch dieses Interview wird videographiert.

Bei der Durchführung der Studie wird auf ein Schülerheft und einen Untersuchungsleitfaden für den Versuchsleiter zurückgegriffen. Das Schülerheft enthält die Primäraufgabe mit Aufgabenstellung und Raum für die Notizen der Schüler. Der Untersuchungsleitfaden enthält die Abfolge der einzelnen Schritte der Studie, standardisierte Einführungstexte in die Bearbeitung der Aufgaben und den Verlauf des Interviews, sowie eine Liste benötigter Materialien. Die gesamte Studie wird videographiert, um die Kommunikations- und Interaktionssequenzen für die Datenauswertung zur Verfügung zu stellen.

Zu Beginn der Untersuchung wird den Schülern ein standardisierter Einführungstext durch den Versuchsleiter vorgetragen. Der Einführungstext dient dazu konstante Ausgangsbedingungen vor der Durchführung der Studie für alle Untersuchungsteilnehmer zu schaffen. In dem Einführungstext werden Informationen über die zwei Teile der Studie gegeben. 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.

Für das folgende Interview wird dann jeweils derjenige Schüler ausgewählt, der bei der Aufgabenbearbeitung seine Gedanken in stärkerem Maße verbalisiert hat. Beim Interview werden Videosequenzen des experimentellen Planungsgesprächs des Schülerpaares chronologisch abgespielt und bei wichtigen Handlungsschritten 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. Reihenfolge und Gestaltung der Fragen wird hierbei flexibel bei jedem Schüler vorgenommen (Winter 2000).

3.3 Stichprobe

Die explorative Studie wird mit zwei weiblichen Schülerpaaren aus einer zehnten Gymnasialklasse einer Gesamtschule durchgeführt. Die Auswahl der Schülerinnen erfolgte hier zunächst auf Basis freiwilliger Teilnahme an der Studie. Die konkreten Schülerinnen der Untersuchung werden dabei auf Basis eines guten und innerhalb der Gruppe vergleichbaren Fähigkeitsniveaus zusammengestellt (hier anhand Schulform und Biologienote ausgewählt). Diese Betrachtung eines Samples von vergleichsweise leistungs-

starken Probandinnen begründet sich aus der komplexen Natur der zu untersuchenden Zusammenhänge sowie der Untersuchungsanlage durch Verbalisierung von Gedankengängen. Es wird davon ausgegangen, dass schwächere Schüler die für die Studie notwendigen gedanklichen Verbalisierungen nicht in dem erforderlichen Maße umsetzen würden (nach Kelle/Kluge 2010). Die zunächst explorative Anlage der Studie dient der Überprüfung der Qualität der Primäraufgabe sowie der zugrunde gelegten theoretischen Auswertungskategoriein.

3.4 Lautes Denken

Bei der Methode des lauten Denkens äußern die Versuchspersonen (hier die Schülerpaare) ihre Gedanken bei der Bearbeitung einer Primäraufgabe alleine oder in der Gruppe laut. Dies ermöglicht den Einblick in die mentalen Prozesse der Versuchspersonen (Bise 2008; Frommann 2005). Im Rahmen dieser Studie stellt die Primäraufgabe die Aufgabe zur Experimentierplanung dar. Die Probanden arbeiten in Paaren und werden gebeten, sich bei der gemeinsamen Problemlösung über die Aufgabe verbal auszutauschen. Dieser Diskurs in Hinblick auf den Erkenntnisprozess wird im Rahmen der vorliegenden Untersuchung als primäres lautes Denken angesehen und zur Analyse des naturwissenschaftlichen Denkens bei der Planung eines Experiments ausgewertet.

Im direkten Anschluss an die Versuchsdurchführung, wenn die Eindrücke noch unmittelbar sind, werden die Probanden nach einem einheitlichen Leitfaden befragt. 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).

Die anschließende Befragung wird durch den Einsatz von Videomitschnitten des vorherigen Lösungsprozesses der Primäraufgabe unterstützt. Die Methode des anschließenden Interviews über die vorherigen Denkprozesse wird als nachträgliches lautes Denken angesehen (Weidle/Wagner 1982). Hier wird neben allgemeinen Fragen zur Aufgabe und zur Gruppenarbeit Bezug genommen auf das Experimentierverständnis, das in seiner funktionalen Bedeutung für die Planungsentscheidungen mit Bezug zur Primäraufgabe expliziert werden soll (Leitfragen vgl. Anhang).

3.5 Auswertungsmethode

Zur Auswertung der Daten wird die qualitative Inhaltsanalyse genutzt (Gropengießer 2005; Mayring 2003). 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 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 Interpre-

tation innerhalb des Kontextes zu sehen (Mayring 2010b). Das gesprochene Wort wird beim lauten Denken bzw. beim nachträglichen lauten Denken im Interview zunächst wörtlich schriftlich fixiert.

Die Kodierung des naturwissenschaftlichen Denkens erfolgte aufgrund der theoriebasierten Kategorien (vgl. 2.2). Die Zuordnung der Kategorien zu Ankerstellen der beiden Dialoge sowie den schriftlichen Lösungen der Schülerpaare findet sich in den Tabellen 1 und 2. Die Zuordnung des Textmaterials zu den Kategorien erfolgte durch zwei zunächst unabhängige Kodierer, Einigung in Hinblick auf die Zuordnung erfolgte diskursiv.

Der Interviewleitfaden nimmt jeweils auf die Kategorien des naturwissenschaftlichen Denkens (2.2) Bezug. Aussagen der interviewten Schülerinnen werden in Tabelle 3 mit den Aspekten des naturwissenschaftlichen Denkens, auf die sie bezogen sind, dargestellt.

4. Ergebnisse

In Hinblick auf die ersten beiden Forschungsfragen zum naturwissenschaftlichen Denken werden in Tabelle 1 und Tabelle 2 jeweils für das untersuchte Schülerpaar Svenja und Katharina bzw. Lisa und Stephanie links die schriftlich fixierte Aufgabenlösung und rechts das Gespräch bei der Aufgabenlösung gegenübergestellt. In der Mitte der Tabelle wird jeweils durch entsprechende Codes aufgezeigt, welche Aspekte des naturwissenschaftlichen Denkens von den Schülergruppen berücksichtigt wurden. Es zeigt sich, dass die Verschriftlichung bereits nahezu vollständig die relevanten Aspekte erfasst. Die chronologische Darstellung der Ergebnisse des lauten Denkens zeigt im Detail auf, wie die Schülerinnen das naturwissenschaftliche Denken bei der Planung des Experiments umsetzen.

Tabelle 1: Aspekte der Planung des Experiments des Schülerpaares Svenja und Katharina in den chronologischen Daten der schriftlichen Lösung und des Dialogs

Aspekte der Planung des Experiments:

- [1] Unabhängige Variable wird benannt
 [3] Abhängige Variable wird benannt
 [5] Störgrößen werden berücksichtigt
 [7] Angabe der Messwiederholungen

- [2] Unabhängige Variable wird variiert
 [4] Abhängige Variable wird operationalisiert
 [6] Angabe der Messintervalle
 [8] Vorhersage der Ergebnisse

Zeichenerklärung:

- [X] = zugeordneter Kompetenzaspekt
 [X] = Wiederholung im Transkript

Daten der schriftlichen Lösung	Aspekte	Daten des Dialogs
Man stellt drei Attrappen, die <u>aussehen wie Guppy-Weibchen, aus Knete</u> her.	[5]	[1, 2] K.: ... einmal ein <u>Guppy-Weibchen</u> mit, äh, <u>großer weißer Fläche</u> aus zum Beispiel <u>Knete halt nachmacht</u> , Und einer <u>mit weniger weißer Fläche</u> . Und dann halt guckt, äh, bei welchem der beiden Attrappen das <u>Männchen halt intensiver reagiert</u> . [3] K.: ... dann halt guckt, äh bei welchen das <u>Männchen sich halt, was weiß ich, öfters S-krümmt</u> . [3, 4] S.: ... drei Modelle. Irgendwie eins mit <u>ganz wenig Weißanteil</u> , eins mit <u>so normal viel</u> und ... [1, 2] K.: ... Attrappen ... die <u>aussehen wie Guppy-Weibchen</u> . [...] Das erste mit, äh, <u>großer weißer Fläche</u> oder wie hatten die das genannt? ... <u>Mit großem Weißanteil, optischem Weißanteil</u> . [5] S.: Wollen wir noch hinschreiben, dass es <u>am Bauch</u> ist. ... K.: 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> <u>Jetzt kommt kaum oder wenig</u> . S.: <u>Oder gering</u> . [5] K.: ... 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? [5] S.: Hm. [...] <u>Oder vielleicht nur eins, dann kann man es besser beobachten</u> .
Eines mit <u>großem optischem Weißanteil am Bauch</u> , eines mit <u>mittelgroßem optischen Weißanteil am Bauch</u> und eines mit <u>geringerem optischen Weißanteil am Bauch</u> .	[1, 2] [5]	[1, 2] S.: Okay, dann <u>beobachtet man, wie sich das Männchen verhält</u> . K.: ... Denselben Vorgang wiederholt man, äh auch bei Weibchen, nein bei Attrappe zwei und drei. [3] S.: <u>Äh, wie gut und wie [...] wie toll die so ein Weibchen finden, machen die das mehrmals mit der Krümmung</u> . S.: ... anschließend ... K.: [Vergleicht] man die Ergebnisse, oder? [3, 4] S.: ... da kommt ja noch die Auswertung. <u>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</u> .
Die erste Attrappe wird in ein <u>Aquarium mit einem männlichen Guppy</u> gesetzt.	[5]	[5] S.: Okay, dann <u>beobachtet man, wie sich das Männchen verhält</u> . K.: ... Denselben Vorgang wiederholt man, äh auch bei Weibchen, nein bei Attrappe zwei und drei. [3, 4] S.: <u>Äh, wie gut und wie [...] wie toll die so ein Weibchen finden, machen die das mehrmals mit der Krümmung</u> . S.: ... anschließend ... K.: [Vergleicht] man die Ergebnisse, oder? [3, 4] S.: ... da kommt ja noch die Auswertung. <u>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</u> .
Man <u>beobachtet und notiert das Verhalten des Männchens</u> . Denselben Vorgang wiederholt man bei Weibchen zwei und drei.	[3]	[3] S.: Okay, dann <u>beobachtet man, wie sich das Männchen verhält</u> . K.: ... Denselben Vorgang wiederholt man, äh auch bei Weibchen, nein bei Attrappe zwei und drei. [3, 4] S.: <u>Äh, wie gut und wie [...] wie toll die so ein Weibchen finden, machen die das mehrmals mit der Krümmung</u> . S.: ... anschließend ... K.: [Vergleicht] man die Ergebnisse, oder? [3, 4] S.: ... da kommt ja noch die Auswertung. <u>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</u> .
Anschließend vergleicht man die Ergebnisse.	[8] [4]	[8] S.: ... da kommt ja noch die Auswertung. <u>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</u> .
<u>Krümmt sich das Männchen bei der Attrappe mit dem größten optischen Weißanteil öfter als bei den anderen, so stimmt die Hypothese</u> .	[8] [4]	[8] S.: ... da kommt ja noch die Auswertung. <u>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</u> .

Svenja und Katharina 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. 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. Die Variationen durch die Schülerinnen werden somit in ausreichend feinen Unterschieden für die Untersuchung der Hypothese vorgenommen. 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 berücksichtigen, dass bei einem Experiment relevante Faktoren isoliert werden und ein Faktor unter Konstanthaltung der übrigen Faktoren variiert wird. Im Zusammenhang zur systematischen Variation der unabhängigen Variable wird die abhängige Variable, die Reaktion des Guppy-Männchens, im Gespräch zu Beginn der Planung benannt (vgl. Tab. 1).

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. Dies stellt eine objektiv beobachtbare Merkmalsausprägung dar, die in ausreichend feinen Unterschieden gemessen werden kann. Die Anzahl und das Intervall der Messungen werden nicht konkretisiert. 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 deshalb nicht aufgeführt wird.

Im Gespräch der Schülerinnen wird folgender Vorschlag für die Durchführung gemacht (vgl. Tab. 1):

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

ßen, 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. In der Ablaufbeschreibung des Experimentes ist schriftlich enthalten, dass das Männchen mit drei unterschiedlichen weiblichen Attrappen nacheinander in Kontakt gesetzt wird. Die Wiederholung des Vorgehens nacheinander verweist darauf, dass die Schülerinnen die Bedingungen konstant halten wollen. Hierbei wird eine Störgröße bzgl. der Experimentdurchführung konstant gehalten. In der Planung des Experiments nehmen die Schülerinnen zudem eine Datenanalyse vorweg, die beinhaltet, dass ein Vergleich der Ergebnisse der verschiedenen Attrappen stattfinden soll. 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 (vgl. Tab. 1).

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 Einordnung der erwarteten Beobachtung hinsichtlich der 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.

Tabelle 2: Aspekte der Experimentplanung des Schülerpaares Lisa und Stephanie in den chronologischen Daten der schriftlichen Lösung und des Dialogs

Aspekte der Experimentplanung:

- [1] Unabhängige Variable wird benannt
 [3] Abhängige Variable wird benannt
 [5] Störgrößen werden berücksichtigt
 [7] Angabe der Messwiederholungen

- [2] Unabhängige Variable wird variiert
 [4] Abhängige Variable wird operationalisiert
 [6] Angabe der Messintervalle
 [8] Vorhersage der Ergebnisse

Zeichenerklärung:

- [X] = zugeordneter Aspekt
 [X] = Wiederholung im Transkript

Daten der schriftlichen Lösung	Aspekt		Daten des Dialogs
<p>Vermutung: Je größer der weiße Fleck, desto stärker das Balzverhalten eines Männchens. Dafür braucht man: Aquarium, ein Weibchen aus Knete (<u>1x mit kleinem weißen Fleck, 1x mit normalgroßem weißen Fleck und 1x mit 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: Erst setzt man das Männchen ins Aquarium. Danach hält Stephanie das erste Weibchen-Attrappen-Fisch mit dem kleinen weißen Fleck ins Wasser. Jetzt <u>beobachtet man das Männchen.</u> Danach hängt man jeweils die anderen beiden Attrappen ins Wasser und beobachtet wieder das Verhalten des Männchens.</p> <p><u>Danach macht man das Gleiche mit dem anderen Männchen.</u></p>	[1, 2]	[1]	L.: Also beim Versuch brauchen wir Geräte Materialien. [...] L.: ... ein Knetweibchen. .. Oder ein Weibchen aus Knete. S.: <u>Mit großem weißen Fleck.</u> [Oder] L.: [Einmal] mit S.: <u>kleinem und einmal mit großem. Oder?</u> L.: <u>Oder wir machen drei.</u> L.: ... Und ein echtes S.: Männchen.
	[7]	[7]	L.: Fischmännchen. <u>Oder wir nehmen zwei Männchen,</u> weil vielleicht ist das eine ja ein bisschen komisch. L.: ... und dann [...] kommt ein Versuchsaufbau. L.: ... <u>Wir müssen paar Blumen reinstellen.</u> S.: och Gott. L.: <u>ja die Fische müssen sich ja auch wohl fühlen.</u> S.: <u>Und dann noch ein Männchen da hin.</u> L.: <u>Aber du vielleicht wollen die dann konkurrieren.</u> L.: ... So. Dann Durchführung. ... Erst setzt [man] S.: [das Männchen rein]. L.: Das Männchen in das Aquarium. Danach S.: =kommt das Weibchen.
	[5]	[5]	L.: ... das erste Weibchen- Attrappen- Fisch. ... mit dem kleinem S.: weißen Fleck.
	[5]	[5]	L.: weißen Fleck in das Wasser. <u>jetzt beobachtet man das [...] Männchen.</u> S.: Danach macht man dasselbe mit den zwei anderen Fischen. L.: hängt man jeweils die anderen beiden ... Attrappen in das Wasser und S.: <u>beobachtet [...] wie das Verhalten des Männchen</u>
	[3]	[3]	L.: [beobachtet] wieder das Verhalten des Männchen. Äh. <u>Und danach machen wir das mit dem anderen Männchen.</u>
	[3]	[3]	
	[7]	[7]	

Lisa und Stephanie 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.

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 aufgepasst.*“ 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 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. Bei der Angabe der Materialien wird zudem schriftlich festgehalten, dass zwei echte Männchen verwendet werden (vgl. Tab. 2).

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. Nach der Beschreibung der Materialien wird der Versuchsaufbau aufgezeichnet. Bei der Skizzierung des Aquariums mit einem Männchen und einer weiblichen Attrappe schlägt Lisa vor, dass Blumen ins Aquarium müssen, damit sich der Fisch wohlfühlt. Da es nach der Zeichnung nur eine Pflanze sein soll, wird dieser Vorschlag durch die Annäherung an die normale Umgebung in Hinblick auf die hier festgelegten Kategorien des naturwissenschaftlichen Denkens als Kontrolle einer Störgröße angesehen. 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 (zus. Datenmaterial):

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 wäre 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.

Im Anschluss an den Versuchsaufbau wird die Versuchsdurchführung besprochen und schriftlich fixiert. Die mündliche Besprechung und das schriftliche Ergebnis 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 (schriftliche Lösung von Lisa und Stephanie, Tab. 2)

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 hineinzuhalten, werden die Versuchsbedingungen konstant gehalten und nichts zusätzlich bis auf den Weißanteil des Weibchens variiert. Im Zusammenhang mit der Versuchsdurchführung wird die abhängige Variable, die Beobachtung des Männchens, benannt. Eine konkrete Operationalisierung der Variable wird sowohl mündlich wie auch schriftlich nicht festgehalten.

Im Anschluss an die eigenständige Problemlösung in der Zweiergruppe wird eine der beiden Schülerinnen im Rahmen des Interviews unter Bezugnahme auf die Videosequenzen aus der zuvor angestellten Planung befragt. Das Interview richtet sich direkt auf die zuvor verbalisierten Schritte des naturwissenschaftlichen Denkens und bezieht sich auf fehlende Elemente oder Ungenauigkeiten der Planung und hinterfragt auf diese Weise das Experimentierverständnis der Schülerinnen. Tabelle 3 gibt Ausschnitte aus diesem Gespräch wieder. Es sind jeweils Aussagen der ausgewählten Schülerinnen Svenja und Lisa dargestellt, die im Interview direkt Bezug zu den zuvor verbalisierten Aspekten des naturwissenschaftlichen Denkens nehmen. Die Zitate geben somit Aufschluss über Elemente des Experimentierverständnisses der Schülerinnen in Hinblick auf die zuvor selbst angewendeten Aspekte des naturwissenschaftlichen Denkens.

Tabelle 3: Schülerantworten aus dem Interview (Experimentierverständnis mit Bezug zu den Denk-
aspekten der Experimentplanung).

Denkaspekte der Experiment- planung	Zitat aus dem Interview Svenja	Zitat aus dem Interview Lisa
Unabhängige und abhängige Variable wird benannt [1, 3]	<p><i>(Experimentplanung bei Naturwissenschaftlern)</i></p> <p>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>	<p><i>(Experimentplanung bei Naturwissenschaftlern)</i></p> <p>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.</p>
Unabhängige Variable wird variiert [2]	<p>Interviewer: Wären noch andere Variationen möglich?</p> <p>Svenja: Ich denke schon. Aber für mich sind das eigentlich die sinnvollsten.</p>	<p>Lisa: Man könnte natürlich noch mehr nehmen (<i>Variationen</i>), aber das wäre dann vielleicht ein bisschen umständlich oder so.</p> <p>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 rein hält mit einem noch größeren Fleck, wenn er dann wieder weniger reagiert, dann weiß man ja, dass es nicht an dem Fleck lag.</p>
Unabhängige Variable wird variiert (Anzahl der Ansätze) [2]	<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> <p><i>(3 Attrappen statt 2)</i></p> <p>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.</p> <p>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>	<p>Lisa: Dann kann man das besser vergleichen, weil dann hat man ja mehr zum Vergleichen.</p>

<p>Störgrößen werden berücksichtigt [5]</p>	<p>Interviewer: Wie kann ich das beeinflussen, dass das jetzt wirklich nur, dass es nur um den Weißanteil geht? Svenja: Na indem man halt die Attrappen alle identisch macht, bis auf diesen weißen Fleck.</p> <p>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.</p> <p>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><i>(Angabe weißer 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.</p> <p><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>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.</p> <p>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.</p> <p>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. 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.</p>
<p>Angabe der Messwiederholungen [7]</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.</p> <p><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.</p> <p>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>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 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.</p>

Svenja erkennt in Hinblick auf die unabhängige und abhängige Variable des Experiments, dass die Reaktion des Männchens auch von zusätzlichen Faktoren, wie Größe oder Form des Guppy-Weibchens abhängig sein kann. 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 superprozentig notwendig ist es, glaub ich auch nicht*“. Die Kontrolle gewisser Störgrößen werden als relevant für die Plausibilität der Ergebnisse angesehen, während andere Größen als nebensächlich erachtet werden.

Die Bedeutung der Messwiederholungen wird ebenfalls in Bezug zur Plausibilität der Ergebnisse gebracht. Hierbei zeigt Svenja widersprüchliche Aussagen. Zum einen werden Messwiederholungen mit weiteren Guppy-Männchen als vorteilhaft für die Plausibilität angesehen. Zum anderen wird gesagt, dass die Wiederholungen nicht notwendig sind (vgl. Tab. 3).

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 Kontrolle der Variable, wo sich der weiße Fleck der Attrappe befindet, wird mit einem dadurch erhöhten Informationsgehalt gerechtfertigt. Die Relevanz als Störgröße wird nicht identifiziert. Ähnlich ist die Einschätzung der Schülerin bzgl. 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 entstehe und darüber die Hypothese genauer belegt oder widerlegt werden könne. Im Bereich der Variation der unabhängigen Variable äußert die Schülerin, dass die von ihr gewählten Variationen, am sinnvollsten seien. Die Aussage zur Wahl der drei Ansätze findet ebenfalls wenig nachvollziehbar statt („*ein gutes Mittelding*“). Einer der drei Ansätze stellt für Svenja die normale Fleckgröße dar. Die genaue Bedeutung dieser Festlegung wird in der Versuchsplanung nicht deutlich.

Lisa beschreibt, dass die dreifache Variation bei der unabhängigen Variable zu einer Erhöhung der Plausibilität des Ergebnisses führen kann. Im Bereich der Kontrolle der Störgrößen verweist Lisa darauf, dass das Vergessen einer Störgröße nur dann einen Einfluss habe, wenn die Störgröße einen Einfluss auf die abhängige Variable hätte. Hier unterscheidet sie zwischen relevanten und irrelevanten Faktoren und verdeutlicht deren Einfluss. Wenn eine relevante Störgröße nicht kontrolliert werden kann, „*dann wüsste man halt nicht wirklich, warum der jetzt so reagiert hat*“. Im Bereich der Wiederholung des Versuchs bringt Lisa an, dass eine höhere Anzahl an Männchen und Attrappen die Genauigkeit 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 einer detailreichen Planung für Wissenschaftler wird jedoch herausgestellt (vgl. Tab. 3).

Lisa: Ich denke die würden das noch genauer aufschreiben und vielleicht mit mehr Fischen und vor allem noch mehr verschiedenen 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.

Die Verwendung von mehr als drei Variationen wird nicht vorgenommen, da dies zu umständlich nach Lisas Meinung wäre. Die Bedeutsamkeit mehrerer 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 sei die Wahrscheinlichkeit größer, dass der Mittelwert im Bereich der Norm liege. 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. Außerdem spielt auch die Nachvollziehbarkeit durch Außenstehende hierbei eine Rolle für Lisa (vgl. Tab. 3).

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.

Für die dann folgende Diskussion der Ergebnisse soll zunächst eine Bewertung der Planung des Experiments der Schülerinnen vorgenommen werden. Diese werden dann im Bezug zu dem im Interview erfassten Naturwissenschaftsverständnis diskutiert. Abschließend werden die Ergebnisse in Hinblick auf das aufgeworfene Problemfeld des Verhältnisses von Entdecken und Zeigen beim forschenden Lernen in Hinblick auf naturwissenschaftliches Denken beim Planen eines Experiments und das Experimentierverständnis als Teil eines Naturwissenschaftsverständnisses hin diskutiert.

Allgemein haben die Schülerinnen beider Gruppen die Variablen und den Ablauf des Experiments dem Phänomen angemessen angepasst. Bei Svenja und Katharina fehlen die Angaben von Messintervallen und Messwiederholungen im Gespräch und auch in der schriftlichen Lösung. Durch das Fehlen dieser Angaben wird die Objektivität und Reliabilität des Experimentes reduziert, da die Replizierbarkeit und Messgenauigkeit eingeschränkt sind. Im Bereich der Validität wird die Plausibilität der Ergebnisse erhöht, indem Angaben über Störgrößen gemacht und Kontrollen vorgenommen werden. Die Validität kann jedoch ebenfalls nicht optimal angenommen werden, da nur Störgrößen bezüglich der Gestaltung der Attrappe, dem Einsatz eines Guppy-Männchens und dem gleichen 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.

Auch bei Lisa und Stephanie fehlen Angaben von Messintervallen im Gespräch sowie in der schriftlichen Lösung. Durch das Fehlen dieser Angaben wird die Objektivität des Experimentes reduziert, da die Nachvollziehbarkeit und Replizierbarkeit eingeschränkt sind. Im Gegensatz zu der anderen Versuchsgruppe ist hier die Messgenauigkeit des Experimentes erhöht, da eine Wiederholung mit einem zweiten Männchen stattfinden soll. 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. Die Validität wird auch durch die Kontrolle von Störgrößen erhöht. Die Schülerinnen beziehen sich bei der Kontrolle von Störgrößen auf die Gestaltung des Aquariums, die Verwendung zweier Männchen und die gleiche Durchführung der Versuche. Die Konstanzhaltung der Versuchsbedingungen weist darauf hin, dass die Schülerinnen berücksichtigen, dass bei einem Experiment relevante Faktoren isoliert werden und ein Faktor unter Konstanzhaltung der übrigen Faktoren variiert wird. Die Validität kann jedoch nicht vollständig angenommen werden, da nur wenige Störgrößen konkret einbezogen 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 auch bei Lisa und Stephanie zu einer gewissen Unsicherheit in Hinblick auf die Aussagekraft des Experiments.

Im Rahmen des Interviews wird das Experimentierverständnis jeweils einer Schülerin in Hinblick auf den Problemlöseprozess untersucht. Es wird deutlich, dass das Verständnis der jeweiligen Schülerin mit der experimentellen Planung in Beziehung steht.

So fehlen in der experimentellen Planung von Svenja und Katharina die Berücksichtigung von Messwiederholungen und eine umfassende Berücksichtigung von Störgrößen. Das Interview zeigt bei Svenja inkonsistente Vorstellungen über das Verhältnis von Aussagen zur Plausibilität der Aussagekraft eines Experiments im Verhältnis zu seiner Anlage auf. Svenja kann nicht begründet abschätzen, welche Vorkehrungen bereits auf der Ebene der Versuchsplanung getroffen werden sollten, um zu möglichst gültigen und genauen Aussagen zu gelangen. Die Aussagen von Svenja bzgl. der Variation der unabhängigen Variablen lassen eine mehr oder weniger willkürliche Festlegung der Anzahl der Attrappen erkennen. Dies verdeutlicht, dass die Planung durch eigene subjektive gedankliche Strukturen geleitet wird und das Schaffen von im Sinne der hypothetiko-deduktiven Methode objektivierbaren Kriterien nur ansatzweise im Bewusstsein der Schülerin ist. Auch die Aussagen aus dem Interview mit Lisa zeigen Bezüge zum Planungsprozess mit Stephanie. Lisa ist sich ebenso der Relevanz von Messwiederholungen für die Aussagekraft des eigenen Experiments wenig bewusst, sie räumt jedoch ein, dass dieser Aspekt für das Experimentieren von Wissenschaftlern – also weniger von Schülern – in Hinblick auf eine Erhöhung der Genauigkeit durch größere Vergleichbarkeit wichtig ist. Auf diese Weise wird ebenso deutlich, warum die eigene experimentelle Planung in dieser Beziehung weniger detailreich und fundiert ausgefallen ist.

5. Diskussion

Welche Schlussfolgerungen können aus den Befunden für die Instruktion bzw. Konstruktion im Rahme des forschenden Lernens abgeleitet werden? Es zeigt sich, dass hinsichtlich des naturwissenschaftlichen Denkens eine einfache experimentelle Anlage in Form der Identifikation und grundlegenden Modifikation von abhängiger und unabhängiger Variable von den Lernenden leicht selbst logisch abgeleitet und damit entdeckt werden kann. Für die Grundanlage einer Untersuchung ist es notwendig, dass die Lernenden das Problem verstanden haben und der Bezug zu einer Fragestellung bzw. zu Hypothesen hergestellt wird.

In Hinblick auf die Berücksichtigung von Messwiederholungen und die Kontrolle von Störvariablen wird die grundlegende Bedeutung des Wissenschaftsverständnisses für die Güte der experimentellen Planung deutlich. Svenja argumentiert in Hinblick auf die Rechtfertigung ihrer experimentellen Entscheidungen durchgehend subjektiv. Das Streben nach Objektivität beim wissenschaftlichen Arbeiten im Sinne des hypothetiko-deduktiven Erkenntnisprozesses ist ihr nicht bewusst. Lisa nennt im Zusammenhang mit dem Versuchsprotokoll die Nachvollziehbarkeit der Planung durch Andere. Jedoch wird auch bei Lisa nicht deutlich, dass dieser Aspekt auch unmittelbar Einfluss auf die Struktur der experimentellen Planung nimmt und nicht nur auf ihre Dokumentation in einem nachvollziehbaren Protokoll. Im Zusammenhang mit der Plausibilität der zu erwartenden Ergebnisse argumentieren beide Schülerinnen im Interview in Hinblick auf eine Steigerung der Genauigkeit der Untersuchung durch zusätzliche Messwerte und der daraus erwachsenden Möglichkeit des Vergleichs. Eine generelle Betrachtung von Messung und Stichprobe auch in Hinblick auf störende Faktoren wird von den Schülerinnen kaum vorgenommen. Die Schülerinnen haben kein Verständnis von der Gültigkeit und der Genauigkeit ihrer Untersuchung. Besonders Svenja reagiert auf Nachfragen in diesem Bereich sehr unsicher. Wenn Lernende im Unterricht über die Gültigkeit und Genauigkeit sowie das Streben nach Objektivität naturwissenschaftlicher Untersuchungen verstehen lernen sollen, ist dies beim forschenden Entdecken somit schwer möglich, weil sie hierbei ihre logische Herangehensweise unmittelbar umsetzen und nicht zur Reflexion angehalten sind. Den Lernenden fehlt hier die Erfahrung. Ein solches Metaverständnis über das Experiment kann somit nur schwerlich implizit erworben werden und sollte somit explizit gelehrt (aufgezeigt) werden. Hier kann die beispielhafte Anwendung der Konzepte in engem Bezug zur Problemsituation helfen, dass die Lernenden die Tragfähigkeit und Grenzen ihrer Untersuchungsanlage besser verstehen.

Weitere Forschung muss aufzeigen, wie eine solche Instruktion gestaltet werden kann. Die vorliegende Studie ist in Hinblick auf die ausgewählten Probanden noch zu wenig aussagekräftig. Weitere Untersuchungen müssen aufzeigen, wie sich die gefundenen Bezüge in anderen Altersgruppen darstellen. Darüber hinaus bleibt offen, wie schwächere Schüler mit den gestellten Anforderungen umgehen sowie welchen Einfluss Kontexte und Aufgabenmerkmale auf die Denkprozesse und das Verständnis der Lernenden haben.

Die vorgestellte Untersuchung fokussiert auf den idealisierten hypothetiko-deduktiven Erkenntnisweg und das Verständnis, das Schüler/innen von ihm während der Planung eines Experiments zeigen. Dieser Ansatz passt zur erkenntnistheoretischen Anlage eines Experiments. Doch wie fügt sich die Kenntnis und das Verständnis über Tragweite und Grenzen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung in das Naturwissenschaftsverständnis der Lernenden ein? Welche Erkenntnisse ziehen sie aus dem Planungsprozess und dem Nachdenken über die Gültigkeit der gezogenen Schlüsse für ein Verständnis der kulturellen, sozialen oder historischen Aspekte von *nature of science*? Diesen relevanten Fragen der Einordnung der geschilderten Befunde nachzugehen, bleibt im Rahmen der hier vorgestellten Ergebnisse offen. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass die eingesetzte Primäraufgabe und das zugrunde gelegte Kodierschema geeignet sind, den beschriebenen Fragestellungen detailreicher nachzugehen. Aus diesem Grund soll im nächsten Schritt vertieft untersucht werden, wie Schüler ihre Planung mit einer darauf folgenden Durchführung kombinieren und wie hierbei naturwissenschaftliches Denken und Naturwissenschaftsverständnis miteinander interagieren.

Abschließend soll noch einmal der Bezug zu den eingangs erwähnten Nationalen Bildungsstandards aufgegriffen werden. Im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung wird Bezug genommen auf die Prozeduren des Erkenntnisprozesses, wie sie bspw. im Rahmen eines Experiments umgesetzt werden. Das forschende Lernen stellt hier eine geeignete Unterrichtsmethode dar, um entdeckende Lerngelegenheiten zu schaffen. Diese Lernform ist bedeutsam, wenn es darum gehen soll zu vermitteln, wie naturwissenschaftliches Wissen entsteht. Die zusätzliche Bedeutsamkeit der aufzeigenden und zugleich sinnstiftenden Vermittlung von Beurteilungsstrategien und Einsichten in die Bezüge von Erkenntnisgewinnung und Urteilsbildung ist zusätzlich zu einem entdeckenden Lernprozess in der Instruktion zu leisten.

Autorenangaben

Katja Völzke
Julia Arnold
Dr. Kerstin Kremer
TUM School of Education
Fachgebiet Fachdidaktik Life Sciences
TU München
kerstin.kremer@tum.de

Literatur

Aepkers, M. (2002): Forschendes Lernen – Einem Begriff auf der Spur. In: Aepkers, M. & Liebig, S. (Hrsg.): Entdeckendes Forschendes Genetisches Lernen. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, S. 69-87.

- Allchin, D. (2011): Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. In: *Science Education*, 95, S. 518-542.
- Arnold, J./Kremer, K. (2012): Lipase in Milchprodukten – Schüler erforschen die Temperaturabhängigkeit von Enzymen. In: *Praxis der Naturwissenschaften – Biologie in der Schule* 61, 7, S. 15-20.
- Arnold, J./Kremer, K./Mayer, J. (2013): Wissenschaftliches Denken beim Experimentieren – Kompetenzdiagnose in der Sekundarstufe II. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik* 11.
- Bell, R. L./Blair, L. M./Crawford, B. A./Lederman, N. G. (2003): Just do it? Impact of a nature of science apprenticeship program on high school students' understandings of the nature of science and scientific inquiry. In: *Journal of Research in Science Teaching*, 40, S. 487-509.
- Beller, S. (2008): *Empirisch forschen lernen: Konzepte, Methoden, Fallbeispiele, Tipps* (2., überarb. Aufl.). *Psychologie Lehrtexte*. Bern: Huber.
- 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*. Marburg: Tectum-Verlag.
- v. Falkenhausen, E. (1985): *Wissenschaftspropädeutik im Biologieunterricht*. Köln: Aulis.
- Ford, M. (2008): ‚Grasp of practice‘ as a reasoning resource for inquiry and nature of science understanding. In: *Science & Education*, 17, S. 147-177.
- Funke, J. (2003): *Problemlösendes Denken* (1. Aufl.). Kohlhammer Standards Psychologie. Stuttgart: Kohlhammer.
- Frommann, U. (2005): Die Methode „Lautes Denken“. http://www.e-teaching.org/didaktik/qualitaet/usability/Lautes%20Denken_e-teaching_org.pdf. [Zugriff: 11.11.2012].
- Gott, R./Duggan, S. (2007): A framework for practical work in science and scientific literacy through argumentation. In: *Research in Science & Technological Education*, 25, 3, S. 271-291.
- Gott, R./Duggan, S./Roberts, R./Hussain, A. (2010): Research into Understanding Scientific Evidence. <http://www.dur.ac.uk/rosalyn.roberts/Evidence/cofev.htm>. [Zugriff: 11.11.2012].
- Gropengießer, H. (2005): *Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung*. In: Mayring, P./Gläser-Zikuda, M. (Hrsg.): *Die Praxis der qualitativen Inhaltsanalyse*. Weinheim: Beltz, S. 172-190.
- Hammann, M. (2006): Fehlerfrei Experimentieren. In: *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 59, 5, S. 292-299.
- Hof, S. (2011): *Wissenschaftsmethodischer Kompetenzerwerb durch Forschendes Lernen: Entwicklung und Evaluation einer Interventionsstudie*. Kassel: University Press.
- Kelle, U./Kluge, S. (2010): *Vom Einzelfall zum Typus. Fallvergleich und Fallkontrastierung in der qualitativen Sozialforschung*. Wiesbaden: VS Verlag.
- Kircher, E./Dittmer, A. (2004): Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften – Ein Überblick. In Höbke, C., Höttecke, D. & Kirchner, E. (Hrsg.): *Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, S. 2-22.
- Khishfe, R./Abd-El-Khalick, F. (2002): Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. In: *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 7, S. 551-578.
- 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.
- Kremer, K./Specht, C./Urhahne, D./Mayer, J. (2013): The Relationship in Biology between Nature of Science and Scientific Inquiry. In: *Journal of Biological Education* [online first].
- Krüger, D. (2009): Bezaubernde Biologie – mit Hypothesen der Lösung auf der Spur. In: *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 62, 1, S. 41-46.
- Lederman, J. S./Lederman, N. G./Kim, B. S./Ko, E. K. (2012): Teaching and learning of nature of science and scientific inquiry: building capacity through systematic research-based pro-

- fessional development. In: Khine, M. S. (Hrsg.): *Advances in Nature of Science Research. Concepts and Methodologies*. New York: Springer.
- Lederman, N. G./Abd-El-Khalick, F./Bell, R. L./Schwartz, R. (2002): Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. In: *Journal of Research in Science Teaching*, 39, S. 497-521.
- Lubben, F./Büffler, A./Campbell, B./Allie, S. (2001): Point and Set Reasoning in Practical Science Measurement by Entering University Freshmen. In: *Science Education*, 85, 4, S. 311-327.
- Mayer, J. (2007): Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In: Krüger, D./Vogt, H. (Hrsg.): *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden*. Berlin: Springer-Verlag, S.177-186.
- Mayer, J./Ziemek, H. P. (2006): Offenes Experimentieren: Forschendes Lernen im Biologieunterricht. In: *Unterricht Biologie*, 317, S. 4-12.
- Mayer, J./Grube, C./Möller, A. (2008): Kompetenzmodell naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. In: Harms, U./Sandmann, A. (Hrsg.): *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik (Band 3)*. Innsbruck: Studienverlag, S. 63-79.
- Mayring, P. (2003): *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. Weinheim: Beltz.
- Mayring, P. (2010a): *Qualitative Inhaltsanalyse*. In: Flick, U./v. Kardorff, E./Steinke, I. (Hrsg.): *Qualitative Forschung. Ein Handbuch (8th ed.)*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt-Taschenbuch-Verlag, S. 468-475.
- 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. In: *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 60, 7, S. 431-440.
- Messner, R. (2009): *Schule forscht*. Hamburg: Körber.
- Moss, D. M./Abrams, E. D. /Robb, J. (2001): Examining student conceptions of the nature of science. In: *International Journal of Science Education*, 8, S. 771-790.
- Osborne, J./Collins, S./Ratcliffe, M./Millar, R./Duschl, R. (2003): What „Ideas-about-Science“ Should Be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community. In: *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 7, S. 692-720.
- Parchmann, I. (2009): *Alltagsorientierung in den Naturwissenschaften. Forschendes Lernen im Chemieunterricht*. In: Messner, R. (Hrsg.): *Schule forscht*. Hamburg: Körber, S. 77-88.
- Popper, K. (1935/1994): *Logik der Forschung*. Tübingen: Mohr.
- Popper, K. (1996): *Alles Leben ist Problemlösen*. München: Piper.
- Putz, V. (1988): Experiment oder Beobachtung? Überlegungen zur Erkenntnisgewinnung in der Biologie. In: *Unterricht Biologie*, 132, 12, S. 11-13.
- Roberts, R. (2001): Procedural understanding in biology: the „thinking behind the doing“. In: *Journal of Biological Education*, 35, 3, S. 113-117.
- Sedlmeier, P./Renkewitz, F. (2008): *Forschungsmethoden und Statistik in der Psychologie. PSPsychologie*. München: Pearson Studium.
- Weber, M. (2005): *Philosophie des biologischen Experiments*. In: Krohs, U./Toepfer, G. (Hrsg.): *Philosophie der Biologie*. Frankfurt am Main: Suhrkamp, S. 359-378.
- Weidle, R./Wagner, A. C. (1982): Die Methode des Lauten Denkens. In: Huber, G. L./Mandl, H. (Hrsg.): *Verbale Daten. Eine Einführung in die Grundlagen und Methoden der Erhebung und Auswertung*. Weinheim: Beltz, S. 81-103.
- Winter, S. (2000): *Quantitative vs. Qualitative Methoden*. http://imihome.imi.uni-karlsruhe.de/nquantitative_vs_qualitative_methoden_b.html. [Zugriff: 11.11.2012].

Anhang 1

Interviewleitfaden

Kategorie	Fragenkatalog
Einführende Fragen	<ul style="list-style-type: none"> → Wie fandst du die Aufgabe? → Fiel dir das Planen des Experiments schwer oder leicht? → Was waren deine ersten Gedanken zur Aufgabe?
Naturwissenschaftliches Vorgehen	<ul style="list-style-type: none"> → Warum ist zu Beginn der Aufgabe diese Hypothese formuliert? → Welche Funktion übernimmt die Hypothese deiner Meinung nach im Experiment? → Ist die Hypothese notwendig für das Experiment? → Was sind Merkmale, die man beim Planen eines Experimentes nicht auslassen darf?
Unabhängige Variable (Variation)	<ul style="list-style-type: none"> → Warum variiert ihr diese Variable? → Warum variiert ihr die Variable in dieser Form? → Welche Bedeutung hat das variieren? → Wären noch andere Variationen möglich? → Was wäre optimal für die Anzahl an Variationen?
Abhängige Variable (Messung)	<ul style="list-style-type: none"> → Warum wollt ihr diese Variable messen? → Wie messt ihr die Variable? → Warum messt ihr die Variable so? → Welche Bedeutung hat das Messen der Variable?
Variablen	<ul style="list-style-type: none"> → Warum habt ihr euch für diese Variablen entschieden?
Ansätze/ Messreihe	<ul style="list-style-type: none"> → Ihr habt die Ansätze so gewählt. Warum? → Ihr habt ... Ansätze. Warum? → Warum macht ihr dieses (weiterführende) Experiment? → Welchen Bezug haben die Attrappen zur Hypothese?
Kontrollansatz	<ul style="list-style-type: none"> → Hat ein Ansatz eine andere Bedeutung als ein anderer, oder haben alle Ansätze dieselbe Bedeutung? → Warum habt ihr diesen Ansatz/die Kontrolle gemacht? → Wie kannst du herausfinden, ob dein Experiment auch genau das misst was du vor hast zu messen?
Messzeiten	<ul style="list-style-type: none"> → Warum gebt ihr die Messzeiten so genau an?
Stichprobe	<ul style="list-style-type: none"> → Welche Bedeutung hat das Versuchsobjekt – der Guppy? → Muss der Guppy irgendwelche Merkmale erfüllen? → Welche Guppys würdest du nehmen? (Stichprobengröße) → Warum nehmt ihr verschiedene Guppys? → Warum nehmt ihr immer den gleichen Guppy?
Messwiederholung	<ul style="list-style-type: none"> → Wie oft würdest du den Versuch machen? Warum? → Muss man bei der Wiederholung etwas beachten? (gleiche Fisch, verschiedene Fische) → Warum gebt ihr die Messwiederholungen an? → Warum sind diese Messwiederholungen notwendig?
Durchführung des Experiments	<ul style="list-style-type: none"> → Hat die Reihenfolge, wie ihr das Experiment geplant habt eine Bedeutung? → Warum habt ihr gerade diese Reihenfolge gewählt?
Störvariablen/ Kontrollvariablen	<ul style="list-style-type: none"> → Warum macht ihr diese Angabe? (Konstanthaltung einer Variable) → Müsste man das noch erweitern? → Was und warum muss man bestimmte Dinge konstant halten? → Welche Dinge muss man konstant halten und welche nicht? → Was passiert, wenn man etwas nicht konstant halten kann? → Kann man trotzdem etwas machen, damit der Versuch dadurch nicht verfälscht wird?

Naturwissenschaftliches Vorgehen	<ul style="list-style-type: none"> → Was bringt dir diese genaue Planung des Experiments?/ Welche Funktion hat die Planung? → Warum plant man überhaupt? → Was wäre die Konsequenz, wenn ich mein Experiment ohne Planung durchführe? → Welche Vorteile hat eine Planung? → Als wie wichtig würdest du die Verschriftlichung des Experiments einordnen?
	<ul style="list-style-type: none"> → Was würde dir die Durchführung dieses Experimentes bringen? (Daten) → Was könntest du mit den gewonnenen Daten aus deinem Experiment machen?
Abschließende Fragen	→ Was sagt eure Planung aus, wenn du das nun noch einmal mit deinen eigenen Worten sagen müsstest?
	→ Begründe, warum ihr euch für dieses Experiment entschieden habt?
	→ Gab es Dinge, die die Planung beeinflusst haben?
	→ Stell dir vor du führst das Experiment so durch, wie ihr es geplant habt, würde es an irgendwelchen Stellen Probleme geben?
	→ Wären für die konkrete Durchführung noch irgendwelche Angaben zu machen?
→ Fällt dir etwas auf, was ihr bei der Bearbeitung vergessen habt zu bedenken?	
Nicht benannte Punkte	→ Okay, ihr habt ... vergessen! Was könnte das sein? Wozu ist das notwendig?
Vorstellungen zu Naturwissenschaftlern	→ Du hast nun deinen Vorgang beschrieben beim Planen des Experiments. Denkst du, dass Naturwissenschaftler das genauso machen?
	→ Wie gehen Naturwissenschaftler vor?
	→ Worin unterscheiden sich die Vorgehensweisen?
Allgemeine Fragen	→ Du bist hier so still, warum?
	→ Was hast du in dem Moment gedacht?
	→ Was ist dir durch den Kopf gegangen?
	→ Warum hattet ihr da Unstimmigkeiten in der Gruppe?
	→ Was hattest du hier für ein Problem?