

Wissenschaftliches Denken beim Experimentieren – Kompetenzdiagnose in der Sekundarstufe II

Julia Arnold, Kerstin Kremer & Jürgen Mayer

Julia.Arnold@uni-kassel.de

Abteilung Didaktik der Biologie, Universität Kassel

Heinrich-Plett-Str. 40, 34132 Kassel

Zusammenfassung

Der vorliegende Artikel berichtet über die Konzeption eines Tests zur Erhebung von Schülerkompetenzen im Bereich des wissenschaftlichen Denkens in der Sekundarstufe II und beispielhafte Ergebnisse. Erhoben wurden die Teilkompetenzen „Hypothesen generieren“, „Untersuchungen planen“ und „Daten auswerten“. Zur adäquaten Lösung der Aufgaben mussten die Lernenden unterschiedliche Aspekte innerhalb der Teilkompetenzen berücksichtigen. Der paper-pencil Test mit sechs offenen Aufgaben (zwei zu jeder Teilkompetenz) wurde in der 12. Jahrgangsstufe (N=96) eingesetzt. Es wurde ein Niveauschema entwickelt, anhand dessen die Schülerantworten analysiert wurden. Exemplarisch werden die Ergebnisse der Teilkompetenz „Planung“ vorgestellt. Es kann gezeigt werden, dass die meisten Lernenden in der Lage waren, in der Planung die unabhängige Variable zu variieren (90,6%) und die abhängige Variable zu messen (84,4%), jeweils mindestens auf dem niedrigsten Niveau. Jedoch waren nur Wenige dazu in der Lage, weitere Aspekte, wie bspw. Störvariablen (25%) in ihrer Planung zu berücksichtigen. Der vorgestellte Test stellt ein Instrument zur Kompetenzdiagnose in der Oberstufe dar, wie er zur Individualdiagnose und zur Bewertung von Fördermaßnahmen verwendet werden kann.

Abstract

This paper reports on the conception of a test designed to assess students' inquiry competences in upper secondary level, namely the skills of generating hypotheses, planning of investigations and interpreting data. In order to engage in scientific inquiry efficiently, students have to consider different aspects within these skills. The presented paper-pencil test consisting of six open-ended items (two on each skill) was used in 12th grade (N=96). Students' answers were analysed and assigned to three different levels within five aspects (Cohen's $\kappa = .61-1.0$). The data presented in this paper focuses on students' skills in planning an experiment. It was found that most students were able to vary the independent variable (90,6%) and measure the dependent variable (84,4 %) at least at a low level. But only

few were able to consider further aspects like for example confounding variables (25%). The presented test can be used for competence-diagnostics, individual diagnostics and for evaluating interventions in upper secondary level.

1 Einleitung

Die Kompetenzen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung stellen ein wesentliches Element der naturwissenschaftlichen Grundbildung dar und sollen daher im naturwissenschaftlichen Unterricht gefördert werden (BYBEE, 2002). Solche Kompetenzen sind wichtig für die aktive Teilhabe an einer naturwissenschaftlich geprägten Gesellschaft und werden auch im Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ der Bildungsstandards für die Sekundarstufe I zusammengefasst (KMK, 2005). Wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen (scientific inquiry) stellen den Kern dieses Kompetenzbereichs dar (PRENZEL et al., 2001). Es wird u. A. gefordert, dass die Schüler in der Lage sind, den wissenschaftlichen Erkenntnisprozess nachzuvollziehen und unter Verwendung verschiedener Erkenntnismethoden aktiv zu durchlaufen (KMK, 2005). Diese Zielsetzung gewinnt auch für die Sekundarstufe II zunehmend an Gewicht (IQB; HARMS et al. 2004). Jedoch ist „die fachspezifische Methodenkompetenz, und darin vor allem die Fähigkeit zu wissenschaftlichem Prozessdenken, [...] in Deutschland einer der zentralen Defizitbereiche“ (MAYER, 2004, S. 94) und es besteht Förderbedarf, wie wissenschaftliche Studien verdeutlichen (MÖLLER, HARTMANN & MAYER 2010, HAMMANN et al. 2007). Solche Studien fokussieren jedoch meist nur auf die Sekundarstufe I und daher liegen wenige Erkenntnisse über die Fähigkeiten von Lernenden der Sekundarstufe II vor. Außerdem basieren vorliegende Ergebnisse meist auf Daten aus Large-Scale-Erhebungen wie BiK (Biologie im Kontext; BAYRHUBER et al.; 2007) und ESNaS (Evaluation der Standards in den Naturwissenschaften für die Sekundarstufe I; KREMER et al., 2012), die unzureichende Informationen über individuelle Performanzen geben und sich daher wenig für die Individualdiagnose und eine daraus resultierende Förderung auf unterrichtlicher Ebene eignen.

Es stellt sich die Frage, welche Voraussetzungen die Lernenden mit in die Sekundarstufe II bringen und wie man Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung fördern kann. Aus diesem Grund wurde ein Diagnoseinstrument entwickelt, das sich aufgrund höherer fachlicher Komplexität der Testaufgaben und differenzierterer Auswertungsmöglichkeiten für den Einsatz in der Sekundarstufe II eignet, aufgrund qualitativer Unterschiede gezielte Indikationen für Fördermaßnahmen erlaubt und zur Beurteilung solcher Maßnahmen herangezogen werden kann.

2 Theoretischer Rahmen und Forschungsfragen

2.1 Wissenschaftliches Denken

Das wissenschaftliche Denken kann als Problemlöseprozess beschrieben werden (MAYER, 2007). Als Teilkompetenzen des wissenschaftlichen Denkens konnten bisher das Aufstellen von naturwissenschaftlichen Fragen, das Generieren von Hypothesen, die Planung von Untersuchungen und die Auswertung von Daten empirisch nachgewiesen und für jede dieser Teilkompetenz Niveaustufen beschrieben werden (MAYER, GRUBE & MÖLLER, 2008). Bisher weisen die Befunde jedoch auf spezifische Kompetenzdefizite und Förderungsbedarf, besonders in den oberen Niveaus, bei denen die Schüler bspw. über die eigentliche Planung hinaus ein elaborierteres Verständnis über die Methode zeigen sollen (GRUBE & MAYER, 2010).

2.2 Operationalisierung der Teilkompetenzen des Experimentierens als Grundlage für die Individualdiagnostik

Ein wichtiges Ziel von Forschung ist es, die Ursachen von Phänomenen zu erklären. Das Experiment wird dabei als zentrale Methode in den Wissenschaften angesehen, die die Lernenden beherrschen sollen (OSBORNE et al., 2003).

Die Teilkompetenz „Hypothesen generieren“

Hypothesen und deren Prüfung bilden die Basis wissenschaftlicher Forschung (OSBORNE et al., 2003). Sie werden vor der eigentlichen Untersuchung aufgestellt und strukturieren das systematische Planen der Untersuchung und das Auswerten von Daten (HAMMANN, 2006). Eine Hypothese ist eine begründete Vermutung über den kausalen Zusammenhang zweier Größen. Sie sagt den Ausgang eines Experiments voraus, wenn die vermutete Ursache verändert und die sich ändernde Größe gemessen wird, und ist somit eine falsifizierbare Aussage. Die Formulierung einer Hypothese folgt einer bestimmten Struktur und setzt daher die nachfolgenden Aspekte voraus:

Die unabhängige Variable: Sie ist die Größe, deren Einfluss / Wirkung auf die abhängige Variable (zu messende Größe) untersucht wird. Sie wird daher in einem Experiment systematisch verändert.

Die abhängige Variable: Sie ist die Größe in einem Experiment, die gemessen wird. In ihr spiegelt sich die Wirkungen der unabhängigen Variable (Ursachen, Bedingungen) wider.

Vorhersage: Aus der Hypothese wird ein Konditionalsatz, als Vorhersage, abgeleitet (Wenn, dann; je, desto). In dieser Form wird die Wirkungsrichtung der unabhängigen Variable deutlich (BORTZ & DÖRING, 2006).

Begründung: Eine wissenschaftliche Hypothese ist keine bloße, intuitive Vermutung, denn sie beruht auf Vorerfahrungen (bspw. aus dem Alltag) und Fachwissen, daher kann sie meist mit Analogien, bisherigen Befunden oder Theorien und / oder Fachwissen begründet werden (MAYER & ZIEMEK, 2006).

Alternative Hypothese: Die Formulierung einer alternativen Hypothese hat den Sinn des Ausschlusses anderer Hypothesen. Nach dem Falsifikationismus (POPPER, 2005) können Hypothesen nicht endgültig bestätigt, aber endgültig widerlegt werden. Daher werden alternative Hypothesen, die den Einfluss der unabhängigen Variable auf die abhängige Variable verneinen bzw. umkehren oder andere Faktoren als Ursache benennen, formuliert, die dann durch ein Experiment ausgeschlossen werden können.

Die Teilkompetenz „Planung“

Die Planung des Experiments dient der Strukturierung des Vorgehens bei der Durchführung und der Dokumentation der Methodik. Sie ist der wichtigste Abschnitt einer empirischen Forschungsarbeit, denn von ihrer Präzision hängt es ab, ob die Untersuchung zu aussagekräftigen Resultaten führt (BORTZ & DÖRING, 2006). Bei der Planung sind unterschiedliche Aspekte zu berücksichtigen:

Die abhängige Variable messen: In der abhängigen Variable spiegelt sich die Wirkung der unabhängigen Variablen (Ursachen, Bedingungen) wider. In einem Experiment muss diese daher gemessen werden. Wie sie gemessen wird, wird in der Planung festgelegt (GRUBE, 2011).

Die unabhängige Variable verändern: Die unabhängige Variable ist die Größe, deren Einfluss / Wirkung auf die abhängige Variable (zu messende Größe) untersucht wird. Sie wird daher in einem Experiment systematisch verändert. Wie sie verändert werden soll, legt man in der Planung fest (BELLER, 2008).

Störvariablen: Störvariablen sind Größen, die außer der unabhängigen Variable Einfluss auf die abhängige Variable haben können. Werden diese im Experiment kontrolliert (durch Gleichhaltung oder Messung), nennt man sie Kontrollvariablen (HAMMANN, 2006).

Messzeiten: Ist festgelegt, wie die abhängige Variable gemessen werden soll, müssen die Dauer, die Anzahl und die Intervalle der Messung konkretisiert werden (ROBERTS, 2001).

Messwiederholungen: Einzelne Messungen / Experimente können immer fehlerbehaftet und unsicher sein. Um belastbare Aussagen treffen zu können, müssen Messungen / Experimente mehrmals (oder mit unterschiedlichen

Messverfahren) (LUBBEN et al., 2001) durchgeführt werden, dies erhöht die Reliabilität und Validität. Je nach Untersuchungsanlage geht die Messwiederholung mit einer Vergrößerung der Stichprobe einher (GOTT & DUGGAN, 2007).

Die Teilkompetenz „Daten auswerten“

Da die gewonnenen Daten nicht für sich selbst stehen können, werden diese nach der Datenaufbereitung in Hinblick auf die Hypothese interpretiert und bezüglich ihrer Produktion kritisch reflektiert. Die Datenanalyse beinhaltet folgende Aspekte:

Beschreibung: Die Beschreibung beinhaltet den wertneutralen Vergleich der gewonnenen Daten (in einem Experiment werden Versuchs- und Kontrollansatz bzw. in einer Messreihe die einzelnen Versuchsansätze verglichen) (BORTZ & DÖRING, 2006).

Interpretation: Die Interpretation fasst die Daten zusammen und beurteilt sie in Hinblick auf die Hypothese. Die unabhängige Variable wird als wahrscheinliche Ursache identifiziert bzw. die Hypothese wird als widerlegt betrachtet. Da sie sich von einer rein deskriptiven, objektiven Beschreibung unterscheidet, ist sie von dieser zu trennen.

Sicherheit: Untersuchungen beschränken sich immer nur auf einen Ausschnitt und sind daher auch immer auf ihre Aussagekraft hin zu beurteilen. Dies betrifft Fragen der Validität des Versuchsaufbaus und der Reliabilität der Messung. Im Rahmen der Datenauswertung werden die Grenzen der Aussagekraft der Daten / der Untersuchung aufgezeigt. Hierzu wird rückblickend das Design auf seine Validität (in Bezug auf die Hypothese) und die Reliabilität und Objektivität hin kritisch diskutiert (OSBORNE et al., 2003).

Ausblick: Der Ausblick ist der zukunftsgerichtete Teil der Untersuchung und bezieht sich auf weitere Forschung. Dies kann Verbesserungen des Vorgehens und / oder weitere Untersuchungen mit dem Ziel der Absicherung oder Validierung oder der Verallgemeinerung der Aussage beinhalten.

Somit gilt es, bei der Hypothesengenerierung, der Untersuchungsplanung und der Datenauswertung diese unterschiedlichen Aspekte zu berücksichtigen, und daraus leiten sich spezifische Anforderungen an die Lernenden ab, die als Lernziele operationalisiert werden können (Tab. 1).

Tab. 1: Kompetenzaspekte und Anforderungen (ARNOLD & KREMER, 2012).

Teil-kompetenz	Kompetenz-aspekte	Anforderung an die Lernenden
Hypothese		Die Schüler sollen eine wissenschaftliche Hypothese formulieren und dazu...
	<i>Abhängige Variable</i>	... die abhängige (zu messende) Variable identifizieren können,
	<i>Unabhängige Variable</i>	... eine unabhängige (zu untersuchende) Variable benennen können,
	<i>Vorhersage</i>	... die Variablen in Form einer Vorhersage der erwarteten Ergebnisse formulieren können,
	<i>Begründung</i>	... ihre Hypothese begründen können,
	<i>Alternative Hypothesen</i>	... und alternative Hypothesen benennen können.
Planung		Die Schüler sollen ein wissenschaftliches Experiment planen und dazu...
	<i>Abhängige Variable</i>	... die abhängige Variable in geeigneter Weise operationalisieren können,
	<i>Unabhängige Variable</i>	... die unabhängige Variable in geeigneter Weise variieren können,
	<i>Störvariablen</i>	... Störvariablen identifizieren und in geeigneter Weise kontrollieren können,
	<i>Messzeiten</i>	... Zeitpunkt, Dauer und Intervalle der Messung in geeigneter Weise festlegen können und
	<i>Wiederholungen</i>	... eine adäquate Zahl an Wiederholungen des Experiments berücksichtigen können.
Daten		Die Schüler sollen die Daten eines naturwissenschaftlichen Experiments auswerten und dazu...
	<i>Beschreibung</i>	... die Daten beschreiben können,
	<i>Interpretation</i>	... die Daten in Hinblick auf die Hypothese interpretieren können,
	<i>Sicherheit</i>	... die Sicherheit der Interpretation diskutieren können,
	<i>Methodenkritik</i>	... das gesamte Vorgehen des Experiments kritisch reflektieren können und
	<i>Ausblick</i>	... einen Ausblick auf folgende Untersuchungen geben können.

An diese theoretische Herleitung schließen sich folgende Forschungsfragen an:

- Welche Kompetenzaspekte werden von Lernenden der Sekundarstufe II bei der Beantwortung von Aufgaben einbezogen?
- Welche qualitativen Ausprägungen innerhalb der Aspekte zeigen die Lernenden bei der Beantwortung von Aufgaben?

3 Methodik

Die Fähigkeit zum wissenschaftlichen Denken wurde operationalisiert durch einen Kompetenztest, der angelehnt ist an Testaufgaben aus Studien wie BiK und ESNaS und sowohl inhaltlich für die Oberstufe, als auch auf Auswertungsebene für die Individualdiagnose angepasst wird. Aus diesem Grund wurde ein Messinstrument entwickelt, das sich durch fachlich komplexere Kontexte, die zudem elaborierte Experimente zulassen, von den Messinstrumenten für die Sekundarstufe I unterscheidet. So besteht bspw. innerhalb jedes Experiments die Möglichkeit, eine Messreihe durchzuführen, statt, wie häufig üblich, nur Experimental- und Kontrollansatz (KÜNSTING et al., 2008). Außerdem handelt es sich bei den abhängigen Variablen der Experimente meist um Faktoren, die nicht direkt durch jeweilige Instrumente zu messen sind, sondern anspruchsvollere Operationalisierungen verlangen. Das Auswertungsschema lehnt sich prinzipiell an die Niveaustufen von MAYER, GRUBE & MÖLLER (2008) an. Neuartig bei dem hier vorgestellten Codierschema ist, dass die Aspekte (siehe Tab. 1) unabhängig voneinander qualitativ ausdifferenziert wurden, um konkrete Informationen über die individuelle Performanz erhalten zu können.

Es handelt sich um Aufgaben im offenen Antwortformat und es wird ein Phänomen geschildert, das ein Problem und eine Fragestellung beinhaltet, die nach einem kausalen Zusammenhang fragt und somit eine experimentelle Untersuchung nach sich zieht. Bei Aufgaben zur Teilkompetenz Hypothese wird dann nach einer Hypothese gefragt, die die Lernenden generieren müssen. Die Hypothese wird in Aufgaben zur Teilkompetenz Planung zusätzlich vorgegeben und die Schüler werden dazu aufgefordert, ein Experiment zu planen (Abb. 1). Die Teilkompetenz Datenauswertung wird schließlich mit Aufgaben operationalisiert, die sowohl die Hypothese, als auch die Planung und Daten enthalten, die dann von den Schülern in Hinblick auf die Hypothese ausgewertet werden sollen. Die Aufgaben wurden anhand einer Fallstudie (vier Schüler) im Rahmen einer Videostudie mit der Methode des lauten Denkens mit anschließenden leitfadengestützten Interviews überprüft, um sicher zu stellen, dass die schriftlichen Antworten mit den sprachlichen Äußerungen der Schüler während der Bearbeitung in Tandems und einem anschließenden Interview übereinstimmen (VÖLZKE, 2012).

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).

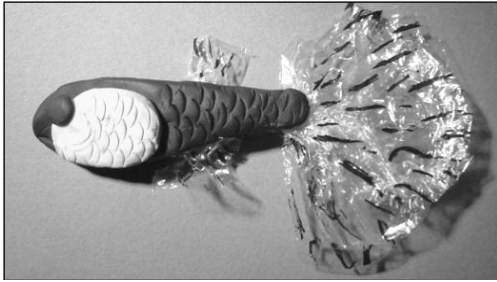


Abbildung 1 – Attrappe eines Guppy-Weibchens.



Abbildung 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

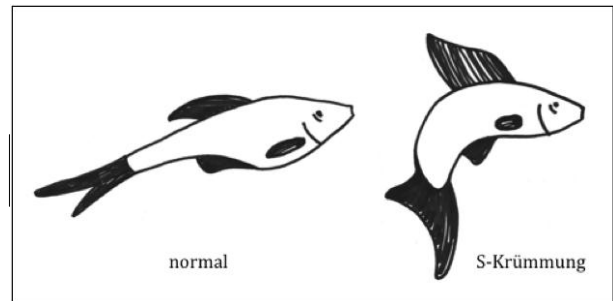


Abbildung 3: Guppy-Männchen beim Schwimmen (links) und beim Balzen in S-Krümmung (rechts). Zeichnung: Kathrin Klöpfel.

Schwanz- und Rückenflosse auffaltet. Dieses Verhalten nennt man S-Krümmung (Abbildung 3). 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 die Größe des Weibchens ein Auslöser für das Balzverhalten des Männchen ist, da sie vermutlich ein Anzeichen für die Geschlechtsreife des Weibchens ist.

Deine Hypothese lautet:

Die Größe des Weibchens ist ein Auslöser für die S-Krümmung des Männchens. Je größer das Weibchen, 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.

Abb. 1: Beispiel für eine Diagnoseaufgabe zur Teilkompetenz „Planung“.

Der Kompetenztest wurde in fünf Klassen der Jahrgangsstufe 12 (N=96) in Biologiekursen innerhalb des regulären Unterrichts eingesetzt. Der paper-pencil Test bestand aus sechs offenen Aufgaben (zwei zu jeder Teilkompetenz: Hypothese, Planung und Daten). Für den gesamten Test standen den Schülern nach einer kurzen Einführung 60 min zur Bearbeitung zur Verfügung.

Tab. 2: Reduziertes Codierschema zur Teilkompetenz "Planung".

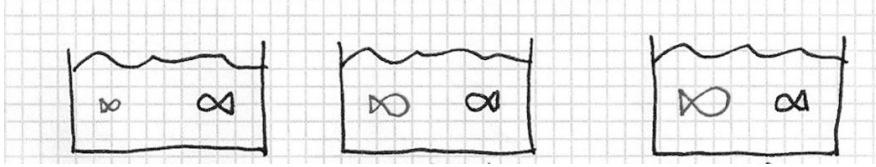
III	Messung der abhängigen Variable	Variation der unabhängigen Variable mit Spezifikation der Quantität	Berücksichtigung von mehr als zwei Störvariablen	Berücksichtigung von Messzeit, -dauer und -intervall	Wiederholung mit gleichem und unterschiedlichen Objekten
II	Beobachtung der abhängigen Variable	Variation der unabhängigen Variable mit Spezifikation der Qualität	Berücksichtigung einer oder zweier Störvariablen	Berücksichtigung zweier Aspekte (Messzeit, -dauer und / oder -intervall)	Wiederholung mit gleichem Objekt
I	Unspezifische Beobachtung	Variation der unabhängigen Variable ohne Spezifikation	Unspezifische Berücksichtigung der Störvariablen	Berücksichtigung von Messzeit oder -dauer oder -intervall	Wiederholung mit unterschiedlichen Objekten
0	Keine Beobachtung / Messung der abhängigen Variable	Keine Variation der unabhängigen Variable	Keine Berücksichtigung der Störvariablen	Keine Berücksichtigung von Messzeit, -dauer und -intervall	Keine Wiederholung
Niveau/ Code Aspekte	Abhängige Variable	Unabhängige Variable	Störvariablen	Messzeiten	Wiederholung

Die Schülerantworten wurden mit Hilfe eines Codierschemas analysiert, das deduktiv aus der Literatur (u. a. MAYER, GRUBE & MÖLLER, 2008; BORTZ & DÖRING, 2006) abgeleitet und induktiv anhand von Schülerantworten aus Vorstudien ausdifferenziert wurde. Den Antworten wurden pro Kompetenzaspekt drei unterschiedliche Codes (Niveaus) zugeordnet (Cohen's $\kappa = .61-1.0$). Die folgende Tabelle (Tab. 2) zeigt das Codierschema für die Teilkompetenz „Planung“.

4 Ergebnisdarstellung

Die folgenden Daten stellen exemplarisch die Ergebnisse für die Teilkompetenz „Planung“ dar. In Tabelle 3 sind beispielhafte Schülerantworten und deren Codierung dargestellt.

Tab. 3: Exemplarische Schülerantworten – Teilkompetenz Planung; Aufgabe: Attrappenversuche mit Guppys (codiert).

Schülerantwort	Kompetenzaspekt (Code)
<p>Ich denke, man könnte Attrappen, die sich lediglich in der Größe unterscheiden [basteln] und gibt sie an verschiedenen Tagen neben verschiedene Aquarien mit ausschließlich Guppy-Männchen [ins Aquarium] und <i>beobachtet die Ausdehnung der S-Krümmung</i>. Diesen Versuch sollte man <u>ganz oft und mit vielen verschiedenen Fischen ausprobieren</u>. So kann man sehen, welche Auswirkungen die Größe des Weibchens auf die S-Krümmung hat.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Abhängige Variable</i> (II) • Unabhängige Variable (I) • Störvariablen (I) • <i>Messzeiten</i> (0) • <u>Wiederholung</u> (III)
<p>Aus Knete werden mehrere Guppy-Weibchen modelliert. Das erste (Weibchen) ist nur 4cm groß, um zu sehen, ob das Männchen überhaupt reagiert. Das zweite Weibchen ist genau 7cm groß, es wird die Stärke der Reaktion des Männchens beobachtet. Das nächste ist ca. 8cm groß. <i>Bei jedem wird beobachtet, wie stark das Männchen reagiert.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Abhängige Variable</i> (II) • Unabhängige Variable (III) • Störvariablen (0) • <i>Messzeiten</i> (0) • <u>Wiederholung</u> (0)
<p>Experiment:</p> <div style="text-align: center;">  <p style="text-align: center;">klein mittel groß *Attrappe *männlicher Guppy</p> </div> <p>Ich würde dem Fisch ein wenig Zeit zur Eingewöhnung geben (ca. 5 Min.) und dann alle 2 Minuten <i>zählen, wie oft die S-Krümmung pro Minute gemacht wird</i>. Das ungefähr 5mal, um einen guten Mittelwert zu bekommen. Störgrößen wie verschiedene Wassertemperaturen, andere Fische, die das Männchen stören könnten, sollten vermieden werden.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Abhängige Variable</i> (III) • Unabhängige Variable (II) • Störvariablen (II) • <i>Messzeiten</i> (III) • <u>Wiederholung</u> (0)

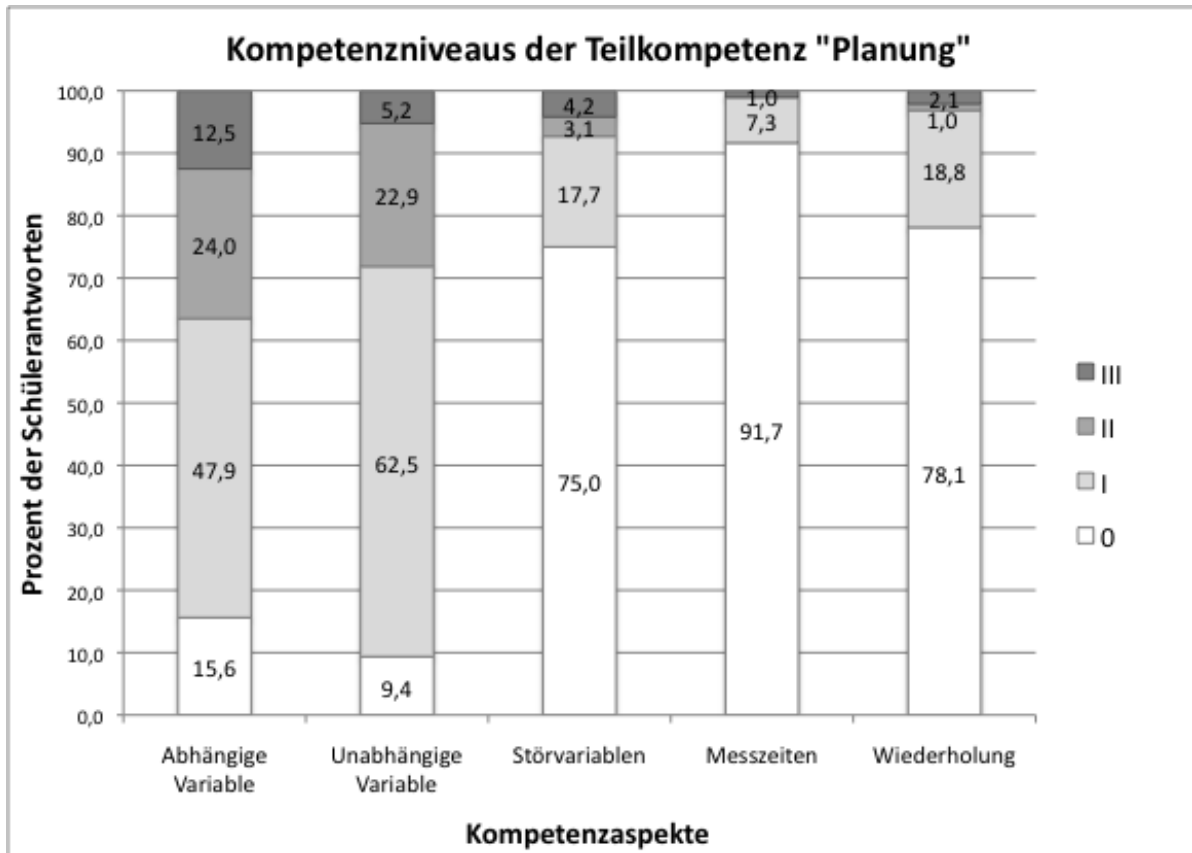


Abb. 2: Kompetenzniveaus zur Teilkompetenz „Planung“ (N=192).

In Abbildung 2 ist der prozentuale Anteil der Kompetenzniveaus an den Schülerantworten aus zwei Aufgaben zur Teilkompetenz „Planung“ dargestellt. Fokussiert man auf die alleinige Berücksichtigung der Kompetenzaspekte, so wird deutlich, dass ein Großteil der Schülerantworten eine Beobachtung bzw. Messung der abhängigen Variablen (84,4%) und die Veränderung der unabhängigen Variablen (inkl. Kontrollversuch; 90,6%) enthalten. Andere Aspekte, wie das Einbeziehen von Störfaktoren, Messzeiten und Wiederholungen, werden von maximal 25% der Lernenden berücksichtigt, was mit Erkenntnissen aus der Sekundarstufe I übereinstimmt (MAYER, GRUBE & MÖLLER, 2008). Legt man dann qualitative Niveaus an die Schülerantworten an, sind nur wenige elaborierte Kompetenzaspekte (Niveau III) zu finden: Maximal 12,5% der Schülerantworten befinden sich auf diesem Niveau innerhalb eines Aspektes und mehr als die Hälfte eines jeden Aspektes wird durch Antworten auf den Niveaus 0 und I abgedeckt.

Dies zeigt, dass die Lernenden in der Lage sind, einfache Experimente (abhängige Variable messen und unabhängige Variable variieren) zu planen. Dies steht im Kontrast zu Daten von jüngeren Schülern, bei denen gerade der Kon-

trollansatz eine große Schwierigkeit darstellt (HAMMANN, 2006). Insgesamt wird jedoch deutlich, dass die Lernenden deutlich hinter den Anforderungen zurückbleiben, sowohl was die Berücksichtigung der einzelnen Aspekte, hier vor allem die Störvariablen, Messzeiten und Wiederholungen, angeht, aber auch in Bezug auf die qualitative Ausdifferenzierungen innerhalb der Aspekte.

5 Diskussion & Ausblick

Vorgestellt wurde ein theoretischer Rahmen zur Beurteilung von Schülerantworten in den Teilkompetenzen „Hypothese“, „Planung“ und „Datenauswertung“ und eine Diagnoseaufgabe für die Sekundarstufe II, die das wissenschaftliche Problemlösen in der Teilkompetenz „Planung“ operationalisiert, vorgestellt. Die Ergebnisse aus dem Kompetenztest zur Teilkompetenz „Planung“ implizieren, dass weitere Förderung in der Sekundarstufe II notwendig ist, wenn die Lernenden in die Lage versetzt werden sollen, elaborierte Experimente zu planen. Fördermaßnahmen sollten sowohl die höheren Niveaus der Aspekte „Messung der abhängigen Variable“ und „Variation der unabhängigen Variable“ als auch die Berücksichtigung von Störvariablen, Messzeiten und Wiederholungen einschließen.

Es ist anzumerken, dass die dargelegten Teilkompetenzen und Kompetenzaspekte unter Umständen nicht erschöpfend sind. So bleibt bspw. die Durchführung des Experiments innerhalb dieses Tests unberücksichtigt. Als Stärke des Instruments ist jedoch festzuhalten, dass es, im Gegensatz zu Tests mit geschlossenen Aufgaben, differenzierte individuelle Diagnosen bezüglich der Teilkompetenzen und ihrer Aspekte erlaubt (vgl. Tab. 3), die dann zur Überprüfung von Lernzuwachsen oder zur Konstruktion von Lernunterstützungen herangezogen werden können.

Das Testinstrument ist so konzipiert, dass es auch zur Diagnostik von Schülerleistungen und zur Evaluation von Unterricht, bspw. spezifischer Fördermaterialien, herangezogen werden kann. Derzeit wird das Instrument im Rahmen einer Interventionsstudie zur Überprüfung der Lernwirksamkeit unterschiedlicher Lernunterstützungen im Rahmen des Forschenden Lernens verwandt (ARNOLD, KREMER & MAYER, 2012a, b; ARNOLD & KREMER, 2012). Durch den Einsatz des Tests im Pre-/Post-Design wird es möglich sein, eine etwaige Zunahme der Kompetenzaspekte detailliert zu untersuchen.

Zitierte Literatur

- ARNOLD, J. & KREMER, K. (2012). Lipase in Milchprodukten – Schüler erforschen die Temperaturabhängigkeit von Enzymen. *Praxis der Naturwissenschaften – Biologie in der Schule* 61 (7), 15-20.
- ARNOLD, J., KREMER, K. & MAYER, J. (2012a). *Forschendes Lernen durch kompetenzorientiertes Experimentieren in der Oberstufe. Tagungsband Bundeskongress des Deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts (MNU)*. Download von <http://www.mnu.de/extern/2012/Teilnehmer/DetailsBeitrag.php?Beitrag=165>.
- ARNOLD, J., KREMER, K. & MAYER, J. (2012b). Fachwissen und wissenschaftsmethodische Kompetenzen durch Forschendes Lernen fördern. Tagungsband der Internationalen Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB) im Verband für Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland (VBio) (S. 146f.). Bayreuth: Universität Bayreuth.
- BAYRHUBER, H., BÖGEHOLZ, S., ELSTER, D., HAMMANN, M., HÖBLE, C., LÜCKEN, M., MAYER, J., NERDEL, C., NEUHAUS, B., PRECHTL, H., & SANDMANN, A. (2007). *Biologie im Kontext*, MNU, 60, 282-286.
- BELLER, S. (2008). *Empirisch forschen lernen: Konzepte, Methoden, Fallbeispiele, Tipps. Psychologie Lehrtexte*. Bern: Huber.
- BORTZ, J., & DÖRING, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation: Für Human- und Sozialwissenschaftler*. Heidelberg: Springer.
- BYBEE, R. W. (2002). Scientific Literacy - Mythos oder Realität? In W. GRÄBER, P. NENTWIG, T. KOBALLA & R. EWANS (Hrsg.), *Scientific Literacy - Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 21-43). Opladen: Leske + Budrich.
- GOTT, R., & DUGGAN, S. (2007). A framework for practical work in science and scientific literacy through argumentation. *Research in Science & Technological Education*, 25(3), 271-291.
- GRUBE, C. (2011). *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), Universität Kassel. Download von <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hebis:34-2011041537247>.
- GRUBE, C., & MAYER, J. (2010). Wissenschaftsmethodische Kompetenzen in der Sekundarstufe I: Eine Untersuchung zur Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens. In U. HARMS & I. MACKENSEN-FRIEDRICHS (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik* (Vol. Band 4, S. 155-168). Innsbruck: Studienverlag.
- HAMMANN, M. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 5(59), 292-299.
- HAMMANN, M., PHAN, T. H., & BAYRHUBER, H. (2007). Experimentieren als Problemlösen: Lässt sich das SDDS-Modell nutzen, um unterschiedliche Dimensionen beim Experimentieren zu messen? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 10(8), 33-49.
- HARMS, U., MAYER, J., HAMMANN, M., BAYRHUBER, H., & KATTMANN, U. (2004). Kerncurriculum und Standards für den Biologieunterricht in der gymnasialen Oberstufe. In H.-E. TENORTH (Hrsg.), *Kerncurriculum Oberstufe II - Biologie, Chemie, Physik, Geschichte, Politik. Expertisen - im Auftrag der Ständigen Konferenz der Kultusminister (KMK)*. Weinheim: Beltz.
- IQB / INSTITUT ZUR QUALITÄTSENTWICKLUNG IM BILDUNGSWESEN. Standards für die Abiturstufe. <http://www.iqb.hu-berlin.de/bista/abi>
- KMK / SEKRETARIAT DER STÄNDIGEN KONFERENZ DER KULTUSMINISTER DER LÄNDER IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND. (2005). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.
- KREMER, K., FISCHER, H. E., KAUERTZ, A., MAYER, J., SUMFLETH, E., & WALPUSKI, M. (2012). Assessment of Standards-based Learning Outcomes in Science Education: Perspectives from the German Project ESNaS. In S. Bernholt, K. Neumann, & P. Nentwig (Eds.), *Making It Tangible - Learning Outcomes in Science Education* (pp. 217-235). Münster: Waxmann.
- KÜNSTING, J., THILLMANN, H., WIRTH, J., FISCHER, H. E., & LEUTNER, D. (2008). Strategisches Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 55, 1-15.
- LUBBEN, F., BUFFLER, A., CAMPBELL, B., & ALLIE, S. (2001). Point and Set Reasoning in Practical Science Measurement by Entering University Freshmen. *Science Education*, 85(4), 311-327.

- MAYER, J. (2004). Qualitätsentwicklung im Biologieunterricht. *Mathematischer und Naturwissenschaftlicher Unterricht*, 57, 92-99.
- MAYER, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. KRÜGER & H. VOGT (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 177-186). Berlin: Springer.
- MAYER, J., & ZIEMEK, H.-P. (2006). Offenes Experimentieren: Forschendes Lernen im Biologieunterricht. *Unterricht Biologie*, 317, 4-12.
- MAYER, J., GRUBE, C. & MÖLLER, A. (2008). Kompetenzmodell naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. In U. HARMS & A. SANDMANN: *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik* (Band 3) S. 63-79. Innsbruck: Studienverlag.
- MÖLLER, A., HARTMANN, S. & MAYER, J. (2010). Differentiation and Development of Five Levels in Scientific Inquiry Skill: A Longitudinal Assessment of Biology Students in Grade 5 to 10. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching (NARST), Philadelphia, United States.
- 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. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.
- POPPER, K. R. (1934; 2005). *Logik der Forschung*. Tübingen: Mohr Siebeck.
- PRENZEL, M., ROST, J. R., SENKBEIL, M., HÄUBLER, P., & KLOPP, A. (2001). Naturwissenschaftliche Grundbildung. In DEUTSCHES PISA-KONSORTIUM (Hrsg.), *PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich* (S. 191-248). Opladen: Leske & Buderich.
- ROBERTS, R. (2001). Procedural understanding in biology: the thinking behind the doing. *Journal of Biological Education*, 35(3), 113-117.
- VÖLZKE, K. (2012). Lautes Denken bei kompetenzorientierten Diagnoseaufgaben zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung. ZENTRUM FÜR LEHRERBILDUNG DER UNIVERSITÄT KASSEL (Hrsg.). Reihe Studium und Forschung (Heft 20). Kassel: University Press.

