

Entwicklung und Evaluation eines Diagnoseinstruments für Schülervorstellungen zum Sehen und zur Wahrnehmung

Sarah Dannemann & Dirk Krüger

sarah.dannemann@fu-berlin.de – dirk.krueger@fu-berlin.de

Freie Universität Berlin, Didaktik der Biologie,
Schwendenerstraße 1, 14195 Berlin

Zusammenfassung

Das Ziel dieses Forschungsprojektes ist es, eine im Unterricht anwendbare Methode zu entwickeln und zu evaluieren, die Lehrer¹ bei der Identifizierung der individuellen Vorstellungsmuster ihrer Schüler unterstützt. Dieser Artikel stellt die Konzeption des Diagnoseinstruments, als Computerprogramm oder Fragebogen, und Ergebnisse seiner Evaluierung aus dem Vortest und der Hauptstudie dar. Zur Ermittlung der Schülervorstellungen werden geschlossene Aufgabenformate verwendet, die unterschiedliche Konzepte zum Sehen und zur Wahrnehmung erfragen. Die Überprüfung der Validität erfolgt durch den Vergleich der individuellen Aufgabenbearbeitungen mit den Aussagen in Einzelinterviews. Diese Gegenüberstellung zeigt, dass sowohl Schüler, deren Antwortverhalten entschieden ist, als auch Schüler, die unterschiedliche Konzepte nebeneinander besitzen, ihre diagnostizierten Vorstellungsmuster im Interview weitgehend reproduzieren. Die Validierung des Aufgabeninventars ergibt also erste Hinweise darauf, dass sich die Schülervorstellungen zum Sehen und zur Wahrnehmung mit den entwickelten standardisierten Items erheben lassen.

Abstract

The aim of this research project is to develop and to validate an instrument that teachers can use to diagnose their students' individual conceptions. This article focuses on the design of this diagnostic instrument as a computer program or a questionnaire. Furthermore, results of its evaluation are presented. To determine students' conceptions, closed tasks are used which test different conceptions of vision and perception. To validate the closed tasks, individual students' answers are compared with their statements in interviews. Both, students whose response behaviour is settled and indecisive students reproduce their diagnosed

¹ Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird das maskuline Genus für beide Geschlechter verwendet, meint aber die weibliche und die männliche Form gleichermaßen.

conceptions in the interviews to a large extent. Therefore, first evidence is found that the constructed closed items can determine students' conceptions of vision and perception.

1 Einleitung

Die Relevanz von Schülervorstellungen für konstruktiv orientiertes, nachhaltiges Lernen und ihre Berücksichtigung bei der Gestaltung von Unterricht ist in der (biologie-)didaktischen Forschung anerkannt (KATTMANN, 2007a). Eine Vielzahl von Theorien und darauf aufbauenden Forschungsprojekten widmet sich der Ermittlung und Analyse von Schülervorstellungen (vgl. GROPENIEBER & KATTMANN, 2006, 161), der Untersuchung ihrer Veränderbarkeit (STRIKE & POSNER, 1992; KRÜGER, 2007) und der Ableitung von Leitlinien und Umsetzungsempfehlungen für den Unterricht (u. a. RIEMEIER, 2005).

Für viele Lehrer stellt es in der Unterrichtspraxis allerdings eine methodische Schwierigkeit dar, die grundlegenden Informationen zu ermitteln, die eine gezielte individuelle Förderung und somit differenziertes Lehren und Lernen ermöglichen, nämlich die subjektiven Vorstellungen ihrer Schüler. Die bislang entwickelten Vorschläge zum Erfassen von Vorstellungen, wie das Ergänzen von Satzanfängen oder Zeichnungen (vgl. KATTMANN, 2007b), sind zeitaufwendig auszuwerten oder geben nur einen thematischen Ausschnitt der für einen Bereich wichtigen Schülervorstellungen wieder.

Als Ergänzung der bisherigen Methoden zur Vorstellungserhebung wird in dieser Untersuchung ein Diagnoseinstrument entwickelt und evaluiert, das geschlossene Aufgabenformate verwendet. Dies erleichtert die Auswertung und der Lehrer erhält schnell einen differenzierten Überblick über die subjektiven Vorstellungen seiner Schüler. Allerdings ist zu überprüfen, ob standardisierte Items zur Erhebung von Vorstellungen geeignet sind. Das Aufgabeninventar wird exemplarisch für alltägliche und wissenschaftliche Vorstellungen zum Sehen und zur Wahrnehmung entwickelt. Eine Vielzahl der Schülervorstellungen zu diesem Themengebiet wurden bereits in früheren Studien qualitativ ermittelt². Die Struktur des Aufgabeninventars kann grundsätzlich auf Themengebiete übertragen werden, die ähnlich intensiv untersucht sind.

Bietet dieses Diagnoseinstrument Lehrern die Möglichkeit, individuelle Schülervorstellungen zu verschiedenen Themenbereichen im Unterricht schnell und differenziert zu erfassen, so könnte dies dazu führen, dass sie als Lernvor-

² Ein nach inhaltlichen Kategorien geordneter Überblick über beschriebene alltägliche und wissenschaftliche Schülervorstellungen zu verschiedenen Aspekten des Sehens und der Wahrnehmung findet sich bei GROPENIEBER, 2001, 125ff.

aussetzungen und Lerngegenstände stärker in den Unterricht einbezogen werden als bisher.

2 Theorie

2.1 Moderater Konstruktivismus

Die theoretische Grundlage dieser Studie bildet eine moderat konstruktivistische Sicht auf Lernen, die sich in den vergangenen 20 Jahren als Paradigma für die Lehr-Lernforschung etabliert hat. In den Fokus der Betrachtung von Lernen rückt damit der einzelne Lernende mit seinen aktiven, konstruierenden, selbst-determinierten, situierten, individuellen, im schulischen Kontext aber stets auch sozialen Aneignungsprozessen (REINMANN & MANDL, 2006). In diesen Konstruktionsprozess bringen Lernende ihre bisherigen Vorstellungen ein und nutzen sie als Bezugsrahmen, um neue Erfahrungen *viabel*³ und sinnstiftend zu integrieren.

Für die Gestaltung lernförderlicher Arrangements, die den Schülern ein individuelles Auseinandersetzen mit ihren Vorstellungen und dem Unterrichtsgegenstand ermöglichen, ist es notwendig, die Konzepte des einzelnen Schülers zu kennen (DUIT, 1995; RIEMEIER, 2007).

2.2 Didaktische Rekonstruktion

Das Forschungsprojekt ist eingebettet in den Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion (KATTMANN, 2007a), mit der alltägliche und wissenschaftliche Vorstellungen als gleichberechtigte Quellen individueller Sinnkonstruktion angesehen werden. In die Gestaltung von Unterricht sollten daher die Konzepte beider Vorstellungswelten einbezogen und zueinander in Beziehung gesetzt werden. Unterricht sollte Lernende dazu befähigen, „eine Metaposition gegenüber wissenschaftlichen und eigenen Vorstellungen“ zu entwickeln (KATTMANN, 2007a, 96). Dabei können Lernende durchaus über subjektive Erklärungsmuster verfügen, die sowohl wissenschaftliche als auch alltägliche Konzepte einbeziehen.

GROPENGIEBER (2001) entwickelte anhand der Ergebnisse seiner Interview- und Literaturstudie ein Kategoriensystem für Vorstellungen, das diese komplexer werdend in Begriffe, Konzepte, Denkfiguren und Theorien untergliedert. Begriffe und Theorien eignen sich wegen ihrer zu geringen bzw. zu hohen

³ Als *viabel* werden Vorstellungen bezeichnet, die sich im Alltag bewährt haben und sich in der jeweiligen Situation für den Denkenden als nützlich erweisen (vgl. RIEMEIER, 2007, 74).

Komplexität nicht zur Erhebung von Vorstellungen. Konzepte dagegen können sprachlich als Aussagesätze realisiert werden und bezeichnen Sachverhalte bzw. Zusammenhänge zwischen einzelnen Begriffen. Denkfiguren beziehen zudem das gestalthafte Zusammenfügen mehrerer Vorstellungen ein. Somit bezeichnen sie größere Gedankengefüge und lassen sich sprachlich als Grundsätze formulieren (GROPENGLIEBER, 2001).

Ein Instrument zur Diagnose der Schülervorstellungen sollte dazu geeignet sein, sowohl die alltäglichen als auch die wissenschaftlichen Konzepte der verschiedenen Bereiche eines Themengebiets zu identifizieren.

2.3 Das E-Z-Reader-Modell zur Analyse von Blickdaten

Mit Hilfe von Eyetrackern können die Blickdaten von Lesenden aufgezeichnet und hinsichtlich der beim Lesen ablaufenden Verstehensprozesse⁴ interpretiert werden. Daten, die Hinweise auf die Verständlichkeit von Texten geben können, sind nach dem E-Z-Reader-Modell insbesondere der Verlauf des Blickpfades beim Lesen, Zeitpunkt und Dauer der Fixation eines Wortes, wiederholtes Lesen eines Wortes oder Teilsatzes, Zeitpunkt und Wiederholungen des Einbeziehens von Bildern sowie die Gesamtdauer der Rezeption (REICHLE et al., 1998; 2003).

Für die vorliegende Studie kann die Analyse der Blickdaten von Schülern beim Bearbeiten des Programms Anhaltspunkte für schwierige, unverständliche oder missverständliche Formulierungen geben.

3 Fragestellungen und Hypothesen

Die sich aus der Zielsetzung und dem theoretischen Rahmen ergebenden zentralen Forschungsfragen dieser Studie sind:

- Wie können alltägliche und wissenschaftliche Schülervorstellungen zum Sehen und zur Wahrnehmung zuverlässig und schnell im Unterricht erhoben werden?
- Inwieweit sind die entwickelten Aufgaben und Items geeignet, um individuelle alltägliche und wissenschaftliche Seh- und Wahrnehmungskonzepte zu erfassen?

⁴ Der Terminus *Verstehen* ist bei REICHLE et al. sowohl auf das sprachliche als auch auf das gedankliche Verstehen bezogen. Im Rahmen dieses Artikels wird die Analyse der Eyetracking-Daten allerdings lediglich für Hinweise auf vorwiegend sprachliche bedingte Schwierigkeiten beim Verstehen herangezogen. Von daher wird das hier gemeinte sprachliche Verstehen im Folgenden als *Verständlichkeit* bezeichnet.

Im Rahmen dieses Artikels liegt der Fokus auf den folgenden Detailfragen:

- Sind die entwickelten Items verständlich, also weisen die Auswertungen der schriftlichen Schülerkommentare und der Blickdaten darauf hin, dass die Items von den Schülern verstanden werden?
- Sind die mit den Items identifizierten individuellen Konzepte reliabel, also zeigen die statistischen Analysen der empirischen Daten eine interne Konsistenz des Antwortverhaltens der Schüler?
- Sind die zur Identifikation der individuellen Sehkonzepte entwickelten Items valide, also stimmen die von Schülern bei der Bearbeitung der Aufgaben ausgewählten Vorstellungen mit denen überein, die sie in Interviews äußern?

Bisher wurden Vorstellungen vorwiegend mit qualitativen Methoden erhoben. Ein Grund dafür ist, den Schülern möglichst wenige Vorgaben zu machen, damit sie ihre Vorstellungsmuster in ihre eigenen Worte fassen können⁵. Daher stellt die Verwendung geschlossener Aufgabenformate für die Ermittlung von Vorstellungen einen kritisch zu prüfenden methodischen Ansatz dar. Für die Interpretation der Ergebnisse leitet sich daraus die Frage ab:

- Gibt es Hinweise darauf, dass die entwickelten geschlossenen Items bei Schülern bestimmte Vorstellungen generieren?

4 Methodik

4.1 Entwicklung und Gestaltung des Diagnoseinstruments

Die Zielsetzung – eine im Unterricht schnell anwendbare Methode zu entwickeln, die Lehrer bei der Identifizierung der individuellen Vorstellungen ihrer Schüler unterstützt – führte zur Entscheidung für ein Inventar mit geschlossenen Aufgabenformaten. Das Diagnoseinstrument wurde zum einen als Computerprogramm mit Hilfe von Macromedia Director und zusätzlich als Papierversion entwickelt. Die Computerversion erstellt direkt nach dem Ausfüllen eine Auswertungsdatei mit einem Überblick über die Häufigkeiten der individuellen Konzepte des Schülers, während die Auswertung bei der Papierversion per Hand – durch das Ausfüllen einer Excel-Maske – erfolgen muss.

⁵ Unsere Sprache steht nach der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens in engem Zusammenhang mit unserem Denken und unseren Vorstellungen: „Sprache ist ein Fenster auf unsere Kognition. Sprache enthüllt die Art und Weise, wie wir denken.“ (GROPENGIEBER, 2007, 106; vgl. LAKOFF & JOHNSON, 1997).

Die Entwicklung geschlossener Aufgabenformate setzt voraus, dass alltägliche und wissenschaftliche Vorstellungen des Themas bekannt sind. Für verschiedene Bereiche des Sehens und der Wahrnehmung wurden Schülervorstellungen in physik- und biologiedidaktischen Studien meist mit qualitativen Methoden, wie Interviews, Gruppendiskussionen, zu ergänzenden Zeichnungen oder offenen Fragebögen ermittelt (u. a. KÄRRQVIST, 1983; GUESNE, 1992; GALILI, BENDALL & GOLDBERG, 1993; GROPEGIEBER, 2001, 2006). Die in diesen Studien beschriebenen Vorstellungen bildeten die Grundlage für die Entwicklung der Items des Aufgabeninventars. Sie wurden vorwiegend als Konzepte gestaltet. Diese Ebene wurde ausgewählt, da Konzepte sich analog zu Aussagen meist in einem Satz formulieren lassen. Darüber hinaus wurden im Vortest auch die drei von GROPEGIEBER beschriebenen Denkfiguren *Alltäglicher Realismus*, *Evidenz* und *Instruktion* anhand ihrer Kernaussagen als Items formuliert und getestet, um die Eignung beider Komplexitätsebenen für das Aufgabeninventar zu erproben (vgl. GROPEGIEBER, 2001, 185).

Die Items des Aufgabeninventars wurden für sechs wichtige Themenbereiche des Sehens und der Wahrnehmung entwickelt. Für jeden Themenbereich wurden die beschriebenen alltäglichen und wissenschaftlichen Konzepte zusammengestellt. Aus den unterschiedlichen Konzeptalternativen wurden dann die einzelnen Items für die Aufgaben abgeleitet. Zu ihrer Formulierung wurden nach Möglichkeit originale Schüleraussagen aus Interviews verwendet (vgl. Tab. 1).

Themenbereiche	Beispielitems in Form von Konzepten
Alltäglicher Realismus (ontologischer und epistemologischer Realismus)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Das Bild der Blume ist genauso wie die echte Blume.</i> • <i>Die Blume sieht für alle Menschen ohne Sehstörung gleich aus.</i>
Rolle der Augen	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Meine Augen machen es so hell, dass ich das Blatt sehe.</i> • <i>Ich muss die Augen auf den Gegenstand richten und hingucken, wenn ich ihn sehen will.</i>
Rolle des Gehirns	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Mein Gehirn erzeugt den Gegenstand, so wie ich ihn sehe.</i> • <i>Erst durch die Verarbeitung im Gehirn weiß ich, was ich sehe.</i>
Notwendigkeit von Licht	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ich sehe das Blatt, weil man Weiß auch im Dunkeln sieht.</i> • <i>Nein. In der Dunkelheit sehe ich keins der beiden Blätter.</i>
Ereignisse zwischen Objekt und Auge beim Sehen (exemplarisch Extrospektion und Reflexion)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Sehen ist wie das Abtasten eines Gegenstandes. Das Auge kann so etwas wie Sehstrahlen aussenden, die das Reh quasi abtasten und dadurch sichtbar machen.</i> • <i>Mein Auge sendet etwas in Richtung des Rehs aus. Das kehrt dann wie eine Art Spiegelung vom Reh ins Auge zurück.</i>
Bildentstehung beim Sehen (exemplarisch Ort und Holismus)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Das Bild der Blume befindet sich in meinem Gehirn.</i> • <i>Es entsteht ein Bild der ganzen Blume.</i>

Tabelle 1: Themenbereiche des Aufgabeninventars und Beispielitems in Form von Konzepten.

Insgesamt umfasst das Aufgabeninventar 17 Aufgaben. Die verwendeten Formate sind vorwiegend Aufgaben mit dichotomem Ja-Nein-Antwortformat, zwei Zeichnungen und eine experimentelle Schilderung⁶. Die Bearbeitungszeit liegt zwischen 15 und 25 Minuten.

Das Aufgabeninventar ist so strukturiert, dass jedes Konzept mehrfach in verschiedenen Aufgabenkontexten erfragt wird (vgl. auch Tabelle 2 und Tabelle 3). So werden alle Konzeptalternativen für den Themenbereich *Ereignisse zwischen Objekt und Auge* jeweils in vier Aufgaben zur Auswahl gestellt. Bei den meisten Aufgaben können mehrere Items zugleich ausgewählt werden, bspw. sowohl das in Tabelle 1 angegebene Konzept der Extrospektion als auch das der Reflexion. Jedes Mal, wenn sich der bearbeitende Schüler für ein Konzept entscheidet, erhält dieses Konzept einen Punkt. Alle erhaltenen Punkte werden abschließend als Gesamtsumme für dieses Konzept zusammengefasst. Nicht jeder Schüler bearbeitet alle Aufgaben: Hat ein Schüler bspw. das Konzept der Bildentstehung beim Sehen abgelehnt, so werden ihm keine vertiefenden Fragen zu diesem Bereich gestellt.

4.2 Evaluation der Verständlichkeit und der Reliabilität der Aufgaben

In einem Vortest wurden die Verständlichkeit und die Reliabilität der Items getestet. Dazu wurden 136 Schüler aus Berlin, Hannover und Bayern befragt. Die Verständlichkeit der Aufgaben wurde mit Hilfe von schriftlichen Schülerkommentaren sowie der Auswertung von Eyetracking-Daten (n=26) überprüft. Zudem war es im Vortest möglich, die vorgegebenen Antwortalternativen um individuelle Antworten zu ergänzen, falls die eigene Vorstellung darin fehlte.

Die Reliabilität wurde über die Überprüfung der internen Konsistenz der Itembearbeitungen getestet, die dasselbe Konzept erfragen.

4.3 Evaluation der Konstruktvalidität der Aufgaben

Um in der Hauptstudie die Validität der Aufgaben zu überprüfen, werden bei ausgewählten Schülern die Antworten im Aufgabeninventar mit den Vorstellungen verglichen, die sie in anschließend geführten Interviews äußern. Stimmen die benannten Konzepte in beiden Erhebungen überein, ist dies ein Hinweis darauf, dass Schülervorstellungen mit den standardisierten Items erhoben werden können.

⁶ Aufgabenbeispiele werden in Tabelle 3 gegeben. Die Abbildung 1 zeigt die Gestaltung eines Items mit dichotomem Ja-Nein-Antwortformat.

Mit voraussichtlich 30 Schülern werden leitfadengestützte halbstrukturierte Kurzinterviews etwa eine Woche nach der Bearbeitung des Aufgabeninventars geführt. Bisher wurden 21 Schüler aus neun 9. und 10. Klassen an fünf Berliner Schulen befragt. Dazu gehören sowohl Schüler von Gesamtschulen als auch von Gymnasien, um die Validität und die Einsatzmöglichkeit des Aufgabeninventars für Varianzen hinsichtlich der Leistungsstärke und der Lesekompetenz zu testen. Die Themen der Befragung und die Schüler werden so ausgewählt, dass zum Abschluss der Validierungsphase für die einzelnen Konzepte jeweils mindestens drei Vergleiche von Aufgabenbearbeitung und Interview vorliegen. Dementsprechend variiert die Länge der Interviews je nach der Anzahl der erfragten Konzepte zwischen sieben und zwanzig Minuten. Die Interviews beginnen mit einem offenen Frageimpuls zum Seh- und Wahrnehmungsprozess. Es folgen gezielte Nachfragen zu einzelnen Konzepten und zu den Aufgabenbearbeitungen. So werden die einzelnen Konzepte auch innerhalb des Interviews mehrfach erfragt. Schüler mit nebeneinander auftretenden, teilweise sogar widersprüchlichen Vorstellungen werden mit ihren unterschiedlichen Angaben konfrontiert und es wird versucht, durch Nachfragen mögliche Ursachen dafür zu ermitteln.

Die Interviews werden deduktiv, unter Verwendung der in der Literatur beschriebenen Konzepte und Vorstellungsmuster, mit Hilfe der Qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet (MAYRING, 2003; GROPPENGIEBER 2005).

5 Ergebnisse und Diskussion

5.1 Verständlichkeit der Aufgaben und Items im Vortest

Der Vortest ergab insgesamt wenige Verständnisschwierigkeiten. Eine der 17 Aufgaben wurde komplett umgestaltet, da das Aufgabenformat, das – wie ein Stammbaum – dichotom nur aufeinander folgende Entscheidungen anhand der Verzweigungen zuließ, sich als zu einengend herausstellte: Manche Schüler vertraten beide als Alternativen angegebenen Konzepte, wodurch das Format für sie ungeeignet war.

Zwei Aufgaben wurden durch zusätzliche, in den Schülerkommentaren deutlich werdende Vorstellungen ergänzt, so bspw. die Erklärungen, weshalb man in einer Dunkelkammer auch ohne Licht etwas sehen könne. Ausschlaggebend war hier, dass diese Vorstellungen wiederholt in unterschiedlichen Lerngruppen geäußert wurden und z. T. auf schriftliche Nachfragen im Sinne

eines „neuen“ Konzeptes erklärt wurden. Teilweise wurden Items unter Verwendung nun verfügbarer Schülerformulierungen sprachlich überarbeitet.

Die Auswertung der Schülerkommentare und der Eyetracking-Daten ergab größtenteils korrespondierende Ergebnisse. Abbildung 1 zeigt exemplarisch das abschließende Bild einer Aufzeichnung mit dem Eyetracker, bei der der Schüler ein Item zur Reflexion bearbeitete. Die Fixationen, das sind die Bereiche, auf die der Proband länger als 40 ms blickte, liegen wiederholt auf dem Begriff „Reflexion“. Dies weist darauf hin, dass dieser Begriff entweder schwierig zu verstehen ist oder – und dafür sprechen die Fixationen 36 bzw. 39 kurz vor der Zustimmung des Schülers – als Entscheidungsträger fungiert. Das Item wird möglicherweise deswegen bejaht, weil es sich wissenschaftlich anhört. Bei dieser Aufgabe, wie auch bei anderen wissenschaftlich klingenden Termini, konnte vielfach ein derart charakteristisches Blickverhalten festgestellt werden. Von daher wurden diese Begriffe durch alltäglichere Worte ersetzt, in diesem Fall „Reflexion“ durch „Spiegelung“.

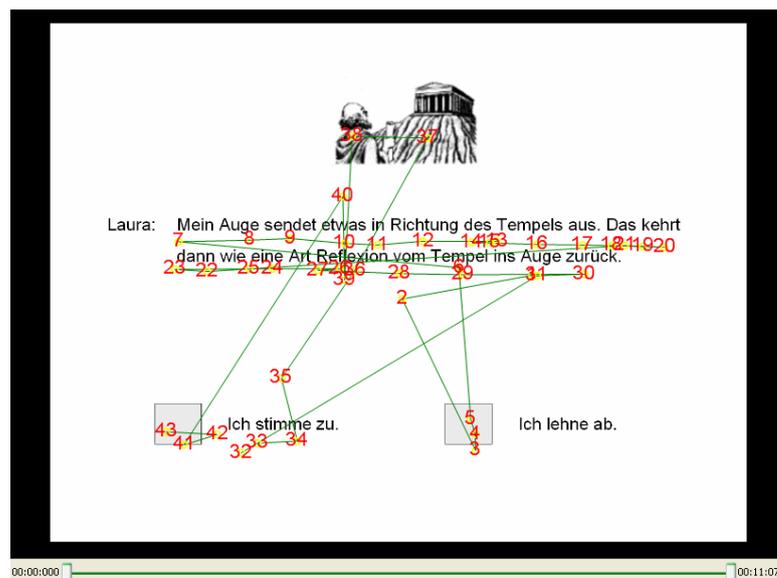


Abb. 1: Screenshot einer Eyetracking-Aufzeichnung (Linien: Blickpfad; Zahlen: Reihenfolge der Fixationen), dargestellt ist ein Item der Aufgabe 11 (A11).

5.2 Reliabilität der Items im Vortest

Tabelle 2 zeigt exemplarisch die Werte der internen Konsistenz ausgewählter Konzepte mit den jeweils dazu gehörenden vier Items. Die unterschiedlichen Schüleranzahlen ergeben sich aus der Struktur des Aufgabeninventars. Einige Schüler haben bereits im Vorfeld abgelehnt, dass beim Sehen ein Bild entstehen würde und so erhalten sie keine weiteren Fragen zu diesem Aspekt.

Die Werte von Cronbachs α liegen zwischen ,523 und ,711. Insbesondere im Bereich der *Ereignisse zwischen Objekt und Auge*, also den ersten drei Konzep-

ten, sind die Reliabilitäten relativ niedrig. Folgt man den Angaben in der statistischen Literatur, so sind für Cronbachs α Werte von über ,800 akzeptabel (BORTZ & DÖRING, 2002, 199). Für den Holismus und die Vorstellungen zum Licht sind die Reliabilitäten demnach weitgehend zufrieden stellend.

Konzept	Items des Konzepts	n	α
Reflexion	<ul style="list-style-type: none"> • Schülerzeichnung (vgl. Tab. 3, Zeile 1) • Richtungen: Auge – Blume – Auge (vgl. Tab. 3, Zeile 2) • ausgewählte Pfeilrichtung (vgl. Tab. 3, Zeile 4) • Sehen geht vom Auge zum Tempel und zurück zum Auge (vgl. Tab. 3, Zeile 3) 	123	,547
Introdirektion	<ul style="list-style-type: none"> • Schülerzeichnung • Richtung: Blume – Auge • ausgewählte Pfeilrichtung • Sehen geht vom Tempel zum Auge 	123	,523
Extrospektion	<ul style="list-style-type: none"> • Schülerzeichnung • Richtung: Auge – Blume • ausgewählte Pfeilrichtung • Sehstrahl vom Auge zum Tempel 	123	,593
Holismus	<ul style="list-style-type: none"> • Schülerzeichnung • ganzes Bild • ganze Blume • ganzes Spiegelbild der Blume 	88	,711
Licht ist notwendig	<ul style="list-style-type: none"> • Schülerzeichnung • Dunkelkammer • Nähe zum Objekt 	136	,675

Tabelle 2: Überblick über die interne Konsistenz (Cronbachs α) der Items ausgewählter Konzepte.

Eine mögliche Erklärung für die niedrigen Werte von Cronbachs α sind Schüler mit nebeneinander existierenden Konzepten. Solche parallelen Vorstellungen beschreibt GROPPENGIEßER u. a. für die *Ereignisse zwischen Objekt und Auge* (GROPPENGIEßER, 2006, 72), nämlich „dass es zum Sehen zwei Denkfiguren [bezüglich der *Ereignisse* werden die lebensweltliche Extrospektion und das wissenschaftliche Konzept der Introdirektion benannt] gibt, die jeweils in bestimmten Kontexten erfolgreich eingesetzt werden können“. Das Konzept Holismus und die Vorstellungen zur Lichtnotwendigkeit scheinen dagegen entschiedener auch in unterschiedlichen Kontexten vertreten zu werden.

Die Berechnung interner Konsistenzen ist somit als Maß für die Reliabilität von Aufgaben zur Vorstellungserhebung nur eingeschränkt geeignet, da Parallelvorstellungen und das daraus folgende unterschiedliche Antwortverhalten nicht berücksichtigt werden können. Vergleichbares gilt auch für Instrumente, die Konzepte mehrfach in unterschiedlichen Aufgabenkontexten erfragen, und so jeweils verschiedene Vorstellungen zueinander in Beziehung setzen. Allerdings können niedrige Korrelationen zwischen den Items eines Konzeptes um-

gekehrt Hinweise auf Themenbereiche geben, in denen vermehrt Vorstellungen nebeneinander auftreten oder sich Wechselwirkungen zwischen Konzepten auf das subjektive Verstehen im jeweiligen Kontext auswirken (vgl. dazu 5.3.2).

5.3 Validität der Items

In der folgenden Tabelle sind exemplarisch die Ergebnisse eines Schülers für den Vergleich der ausgewählten Antworten im Computerprogramm und seine Aussagen im Interview dargestellt. Sie beziehen sich auf das Themengebiet der *Ereignisse zwischen Objekt und Auge*.

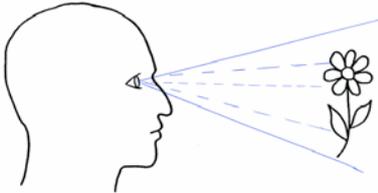
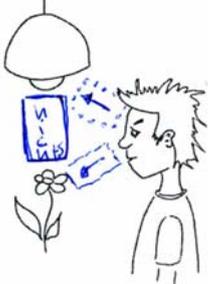
Aufgabenbearbeitungen: Reflexion: 3/4 Punkten (Aufgabe 1, 5 und 11) Extrospektion: 1/4 Punkten (Aufgabe 6)	Interviewaussagen
<p><u>Aufgabe:</u> Mark sieht eine Blume auf einem Tisch stehen. Zeichne eine Skizze, um ihm zu erklären, wie das Sehen funktioniert. Beschrifte sie zum Schluss.</p>  <p>erst Linien vom Auge zur Blume und dann zurück ins Auge (A1)</p>	<p>„Meine Augen sehen ... diesen Schrank, machen sich ein Bild davon und das geht dann wieder zurück zu meinen Augen ...“</p>
<p>Beim Sehen bewegt sich etwas erst vom Auge zur Blume und dann zurück von der Blume zum Auge. (A5)</p>	<p>„ ... und dann misst das Auge es aus ... und dass es dann irgendwie zurück kommt.“</p>
<p>Mein Auge sendet etwas in Richtung des Rehs⁷ aus. Das kehrt dann wie eine Art Spiegelung vom Reh ins Auge zurück. (A11)</p>	<p>„ ... wie so ein Austausch. Wale machen das ja auch, die machen so einen Ton und dann können sie da so eine Form sehen.“</p>
<p><u>Aufgabe:</u> Wähle aus den vorgegebenen Möglichkeiten für jeden Bereich diejenige aus, die für dich am besten darstellt, was dort beim Sehen passiert.</p>  <p>(A6)</p>	<p>„... dass ein Blick nach unten geht, also dass man auch nach unten sieht und ein Pfeil nach oben.“</p> <p>„... und da hab ich nichts gemacht, weil ich jetzt nicht wusste, was ich da einsetzen soll.“</p> <p>„Wenn man jetzt so sieht, sieht man die Lampe und die Blume.“</p> <p>„Wenn man nach vorne guckt, sieht man beide Sachen auf einmal.“</p>

Tabelle 3: Vergleich der Aufgabenbearbeitungen im Programm und der Interviewaussagen zu den Konzepten der *Ereignisse zwischen Objekt und Auge* bei Schüler MD19.

⁷ Nach dem Vortest wurde der in der Aufgabe als Beispiel genutzte „Tempel“ durch ein „Reh“ ersetzt.

Der Schüler MD19 entschied sich im Programm bei den vier Aufgaben zu diesem Themenbereich dreimal für das Konzept der Reflexion und nur bei einer Aufgabe, nämlich bei Aufgabe 6, für die Extrospektionsvorstellung (linke Spalte). Im Interview äußerte er mehrfach Vorstellungen, die ebenfalls das Reflexionskonzept beschreiben (rechte Spalte). Alternative Konzepte – auch die Extrospektion – schilderte er nicht. Die einzige Ausnahme bildete die oben benannte Aufgabe, für die er im Rahmen des Interviews seine abweichende Lösung reproduzierte.

Der Vergleich zeigt, dass die Antworten der Aufgabenbearbeitungen und die Interviewaussagen sogar in ihrer Abweichung bei Aufgabe 6 übereinstimmen. In den bisher geführten Interviews wurden die meisten der im Aufgabeninventar angegebenen Antworten bestätigt (vgl. 5.3.1). Die ersten Ergebnisse der Validierung der geschlossenen Aufgabenformate durch Interviewvergleiche weisen darauf hin, dass die entwickelten Items prinzipiell zur Diagnose der getesteten Schülervorstellungen geeignet sind. Es konnten allerdings noch nicht alle Items überprüft werden, da manche Konzepte, wie bspw. Identifikation oder „Sehen ist einfach“, bisher selten oder nicht gefunden wurden.

5.3.1 Entschiedene und unentschiedene Schüler

Im Aufgabeninventar werden die einzelnen Konzepte mehrfach in unterschiedlichen Aufgabenkontexten erfragt. Für jede Zustimmung zu einem Konzept erhält der Schüler einen Punkt, woraus sich abschließend die Gesamtsumme für dieses Konzept ergibt. So erhält MD19 in Bezug auf das Reflexionskonzept drei von vier möglichen Punkten.

Wählt ein Schüler in den unterschiedlichen Aufgabenkontexten häufig dasselbe Konzept, so kann er in Bezug auf diesen Aspekt als entschieden eingeschätzt werden. Wesentlich ist es nun, die Schwellenwerte für die Summen zu ermitteln, ab denen Schüler ein Konzept entschieden vertreten. Die Interviews geben Hinweise darauf, welcher Wert als Schwellenwert angenommen werden kann. Für alle Konzepte, die sich auf die *Ereignisse zwischen Objekt und Auge* beziehen, beträgt er bspw. drei Punkte. Schüler, die mindestens diesen Wert erreichten, vertraten im Interview ausschließlich das gewählte Konzept.

Andere Schüler weisen bei den Konzepten zu den *Ereignissen zwischen Objekt und Auge* niedrigere Werte auf. Sie wählen in unterschiedlichen Aufgabenkontexten verschiedene Konzepte aus oder entscheiden sich sogar bei einer Aufgabe zugleich für mehrere der alternativen Items. Wie kann dieses „unentschiedene“ Antwortverhalten interpretiert werden? Diese Frage kann bisher nur ansatzweise beantwortet werden. Eine Erklärung sind nebeneinander existie-

rende Vorstellungen der Schüler im jeweiligen Bereich, die sie jeweils in den unterschiedlichen Kontexten anwenden. In den Interviews wurden diese parallelen Konzepte meist schon bei der Beantwortung der offenen Frage zum Ablauf des Sehprozesses bestätigt. Diese Reproduktion weist darauf hin, dass die Vorstellungen der Schüler nicht erst durch die Aufgabenkontexte generiert wurden, sondern auf nebeneinander vorhandene Konzepte zurückzuführen sind, die in unterschiedlichen Kontexten Verwendung finden. Vier „unentschiedene“ Schüler gaben im Interview an, bei verschiedenen Aufgaben geraten zu haben, da sie sich unsicher waren. Ihre Unsicherheit wird in der Auswertung allerdings dadurch deutlich, dass sie meist mehr als zwei Konzepte auswählen.

Grundsätzlich kann die Höhe der erreichten Punktzahl Hinweise auf die subjektive Überzeugtheit von einem Konzept geben.

5.3.2 Abweichende Antworten als Indikatoren für spezifische Vorstellungsmuster und Lernempfehlungen

Weichen nur einzelne Antworten von der sonst ausgewählten Vorstellung ab, so kann dies ein Anhaltspunkt für Vorstellungsmuster sein, die hinter den unterschiedlichen Aufgabenbearbeitungen stehen. Der Schüler MD19 erreicht trotz seiner entschiedenen Antworten nur 3 von 4 Punkten für das Reflexionskonzept. Die abweichende Antwort wird erst durch die Information interpretierbar, dass Licht für ihn beim Sehen keine Rolle spielt. Er erwähnt die Beteiligung von Licht im Interview nicht und lehnt sie im Aufgabeninventar viermal entschieden ab. Für MD19 „*misst das Auge aus*“, bzw. „*hat so ein Maß*“ und schätzt „*..., wie hoch und wie weit das ist*“. Vor dem Hintergrund der Kombination zweier Vorstellungen, nämlich des *Lichtkonzepts* und der *Ereignisse zwischen Objekt und Auge* ist die abweichende, aber für MD19 subjektiv sinnvolle Bearbeitung der Aufgabe erklärbar: Da Licht für ihn beim Sehen keine Rolle spielt, interpretiert er die Aufgabe als Frage nach der Ausdehnung des Blickfeldes, also ob der Junge gleichzeitig die Lampe und die Blume sehen kann (vgl. Tab. 3). Von daher skizziert MD19 hier einen Pfeil, der vom Auge zur Lampe weist, und einen Pfeil vom Auge zur Blume.

Die Verwendung von verschiedenen Aufgabenkontexten kann bei entschiedenen Schülern Hinweise auf vorhandene Zusammenhänge zwischen einzelnen Konzepten und damit auf Vorstellungsmuster geben. Diese Aufgaben sollten deshalb gerade nicht verworfen, sondern als Indikatoren für Wechselwirkungen zwischen Vorstellungen und im Unterricht als Anknüpfungspunkte für Interventionen und das Reflektieren über die eigenen Vorstellungen genutzt werden.

Darüber hinaus können solche Vorstellungsmuster Empfehlungen für thematische Reihenfolgen im Unterricht geben. Möglicherweise ist die Vorstellung, dass Licht zum Sehen nicht notwendig ist, ein potentielles Lernhindernis für die Entwicklung des wissenschaftlichen Verständnisses, nach dem Licht vom Gegenstand ins Auge reflektiert wird. Zugleich fördert diese Vorstellung aber eventuell die Konzepte der Reflexion und der Extrospektion, die durch die Aktivität des Auges das Licht als dritte Instanz entbehrlich machen.

Hier zeigt sich die Notwendigkeit, Konzepte nicht nur singular zu betrachten, sondern den Gestaltcharakter von Vorstellungen im Sinne von Denkfiguren zu berücksichtigen.

5.3.3 Konzepte und Denkfiguren

Es stellt sich die Frage, ob dann nicht gleich Denkfiguren zur Vorstellungsermittlung verwendet werden sollten. Dies wurde im Vortest versucht, indem sie den Schülern als Aussagen vorgelegt wurden. Die Schüler konnten zustimmen, ablehnen oder die Aussagen kommentieren. Sehr viele Schüler stimmten einem Teil der Denkfigur zu, lehnten andere Aspekte jedoch ab. Diese qualitative Einschätzung wurde durch sehr niedrige Korrelationen zwischen der Denkfigur und den dazu gehörenden einzelnen Konzepten bestätigt.

Auch GROPENGLIEBER (2006, 64) verweist auf dieses mögliche Problem: „Die Mittel und Stationen dieser [Denkfigur der] Instruktion sind sehr unterschiedlich beschrieben...“. Denkfiguren bieten sich eher als sekundäre Charakterisierungen von Vorstellungsmustern an; für die Erfassung individueller Vorstellungen im Rahmen eines solchen Diagnoseinstruments sind sie zu undifferenziert.

6 Fazit und Ausblick

Insgesamt weisen die ersten Ergebnisse der Evaluation des Aufgabeninventars darauf hin, dass die Ermittlung von Vorstellungen mit den entwickelten geschlossenen Aufgabenformaten weitgehend gelingt.

Durch die Erhebung von Konzepten mit mehreren Aufgaben, die unterschiedliche Kontexte verwenden, können Anhaltspunkte für die subjektive Überzeugtheit des Schülers von einem Konzept gewonnen werden. Auch parallel vorhandene Vorstellungen können identifiziert werden, wenn ein Schüler sie in den unterschiedlichen Kontexten anwendet. Zudem kann das Risiko einer fehlerhaften Interpretation der Schülervorstellungen – im Gegensatz zu einer nur einmaligen Vorstellungserhebung – verringert werden. Abweichende Ant-

worten bei ansonsten entschiedenen Konzeptvertretern geben darüber hinaus Hinweise auf zu Grunde liegende Vorstellungsmuster und Zusammenhänge, die eine bestimmte Empfehlung für den individuellen Lernverlauf nahe legen.

Momentan werden noch weitere Interviews geführt und ausgewertet, um insbesondere die Validität eher selten auftretender Konzepte zu überprüfen, die Schwellenwerte mit Hilfe einer höheren Anzahl an Testpersonen genauer begründen und festlegen zu können und Hinweise auf weitere identifizierbare Wechselwirkungen zwischen einzelnen Vorstellungen zu finden.

In der nächsten Phase wird das Aufgabeninventar in Hinsicht auf seinen Nutzen für das individuelle Lernen der Schüler getestet. Dazu wird untersucht, ob ein Unterricht, der die identifizierten Vorstellungsmuster, die ermittelten Widersprüche und Brüche im Denken der Schüler berücksichtigt und ihnen gezielt auf ihre Vorstellungen zugeschnittene Interventionen anbietet, ein intensiveres und nachhaltigeres Lernen ermöglicht.

Zitierte Literatur

- BORTZ, J. & N. DÖRING (2002): Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler. Springer, Berlin.
- DUIT, R. (1995): Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung. *Z. f. Päd.* **341** (6), 905-923.
- GALILI, I., S. BENDALL & F. GOLDBERG (1993): The effects of prior knowledge and instruction on understanding image formation. *Journal of Research in Science Teaching* **30**, 271-301.
- GROPENGIEßER, H. (2001): Didaktische Rekonstruktion des Sehens. Wissenschaftliche Theorien und die Sicht der Schüler in der Perspektive der Vermittlung. *BzDR 1. DiZ*, Oldenburg.
- GROPENGIEßER, H. (2005): Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr- und Lernforschung. In: MAYRING, P. & GLÄSER-ZIKUDA, M. [Hrsg.]: *Die Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse*. Beltz, Weinheim, 172-184.
- GROPENGIEßER, H. (2006): Lebenswelten / Denkwelten / Sprechwelten. Wie man Vorstellungen der Lerner verstehen kann. *BzDR 4. DiZ*, Oldenburg.
- GROPENGIEßER, H. (2007): Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens. In: KRÜGER, D. & VOGT, H. [Hrsg.]: *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. Springer, Berlin, 105-116.
- GROPENGIEßER, H. & U. KATTMANN (2006): *Fachdidaktik Biologie*. Aulis, Köln.
- GUESNE, E. (1992): Light. In: DRIVER, R., E. GUESNE & A. TIBERGHEN [Eds.]: *Children's Ideas in Science*. Milton Keynes, Open University Press, 10-32.
- KATTMANN, U. (2007a): Didaktische Rekonstruktion – eine praktische Theorie. In: KRÜGER, D. & H. VOGT [Hrsg.]: *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. Springer, Berlin, 93-104.
- KATTMANN, U. (2007b): Biologie-Lernen mit Alltagsvorstellungen. *Unterricht Biologie Kompakt* **329**.
- KÄRRQVIST, C. & B. ANDERSSON (1983): How swedish pupils, age 12-15, understand light and its properties. In: HELM, H. & J.D. NOVAK [Eds.]: *Proceedings of the International Seminar on "Misconceptions in Science and Mathematics"*. Ithaca, New York, 380-392.
- KRÜGER, D. (2007): Die Conceptual-Change-Theorie. In: KRÜGER, D. & H. VOGT [Hrsg.]: *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. Springer, Berlin, 82-92.
- LAKOFF, G. & M. JOHNSON (1997): *Leben in Metaphern. Konstruktion und Gebrauch von Sprachbildern*. Carl-Auer, Heidelberg.
- MAYRING, P. (2003): *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. Beltz, Weinheim.

- REICHLER, E.D., A. POLLATSEK, D.L. FISHER & K. RAYNER, (1998): Toward a model of eye movement control in reading. *Psychological Review* **105**, 125-157.
- REICHLER, E.D., K. RAYNER & A. POLLATSEK (2003): The E-Z Reader model of eye movement control in reading. Comparisons to other models. *Behavioral and Brain Sciences* **26**, 445-476.
- REINMANN, G. & H. MANDL (2006): Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In: KRAPP, A. & B. WEIDENMANN [Hrsg.]: *Pädagogische Psychologie*. Beltz, Weinheim, 613-658.
- RIEMEIER, T. (2005): *Biologie Verstehen: Die Zelltheorie*. BzDR 7. DiZ, Oldenburg.
- RIEMEIER, T. (2007): Moderater Konstruktivismus. In: KRÜGER, D. & H. VOGT [Hrsg.]: *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. Springer, Berlin, 69-79.
- STRIKE, K. & G. POSNER (1992): A Revisionist Theory of Conceptual Change. In: DUSCHL, R.A. & R. HAMILTON [Eds.]: *Philosophy of science, cognitive psychologies and educational theory and practice*. State University of New York

