

Gropengießer, Harald

## Schülervorstellungen zum Sehen

*Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* : ZfDN 3 (1997) 1, S. 71-87



Quellenangabe/ Reference:

Gropengießer, Harald: Schülervorstellungen zum Sehen - In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 3 (1997) 1, S. 71-87 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-314891 - DOI: 10.25656/01:31489

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-314891>

<https://doi.org/10.25656/01:31489>

in Kooperation mit / in cooperation with:



**IPN**

Leibniz-Institut für die Pädagogik der  
Naturwissenschaften und Mathematik

<https://www.leibniz-ipn.de>

### Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

### Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

### Kontakt / Contact:

peDOCS

DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation

Informationszentrum (IZ) Bildung

E-Mail: [pedocs@dipf.de](mailto:pedocs@dipf.de)

Internet: [www.pedocs.de](http://www.pedocs.de)

Digitalisiert

Mitglied der

  
Leibniz-Gemeinschaft

HARALD GROPENGBER

## Schülervorstellungen zum Sehen

### Zusammenfassung:

Die Vorstellungen, die Schüler zu einem Thema haben, sind eine wesentliche Lernvoraussetzung und sollten in die Planung von Unterricht eingehen. Ein theoretischer Rahmen dafür ist das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Darin werden Schülervorstellungen zu einem Thema mit den entsprechenden fachlichen Vorstellungen in Beziehung gesetzt, um davon ausgehend die Inhalte des Unterrichts zu planen. Für diese fachdidaktische Aufgabe wird hier eine Methode zur Erfassung und Verallgemeinerung von Schülervorstellungen auf der Basis geringer Fallzahlen vorgestellt. Zum Thema "Sehen" liegen von physikdidaktischer Seite Untersuchungen vor, die vor allem auf das Auge und dessen Interaktion mit dem Gegenstand fokussiert sind. Schülervorstellungen zum Sehen sind aber weit umfassender, sie schließen auch Sinnes- und Nervensystem, die Psyche sowie ontologische und epistemologische Überzeugungen ein. In diesem umfassenden Sinn wurden Vorstellungen von Schülern des 11. Jahrgangs zum Sehen erhoben und in drei Denkfiguren überschaubar klassifiziert. Alle Interviewpartner verfügen nebeneinander über zwei gegensätzliche Denkfiguren zum Sehen. Sie werden üblicherweise in verschiedenen Kontexten gebraucht, ohne daß der Gegensatz dabei hervorträte und als Widerspruch erkannt würde. Ausgehend von den Ergebnissen werden Konsequenzen für den Unterricht gezogen.

### Abstract:

Students' conceptions play an important role in learning and should be given due attention in construction of instruction. The model of Educational Reconstruction is a theoretical framework for this task. Within this model students' conceptions related to a certain topic are brought into correspondence to scientific ideas to find guidelines for the design of a didactic structure. In this article a method of inquiry into students' conceptions is given that leads to an adequate kind of generalisation based on small samples. Research into students' conceptions of "vision" has mostly been conducted by physics educators and has been merely concerned with the conceptions of light and the relation between the object and the eye. Students' conceptions of "vision" are far more comprehensive, including the sensory and neural systems, psyche and last not least ontological and epistemological beliefs. Conceptions of seeing in this broad sense held by grade 11 students of the German Grammar School (Gymnasium) were studied and classified. All interview-partners have two different principles at their disposal which are used according to the particular situation without regarding them as logically contradictory conceptions. On the basis of the results conclusions are drawn for teaching and learning.

### 1. Einleitung

"Die Blickrichtung ist für mich die Richtung, in die ich gucke. Wenn ich direkt auf den Gegenstand draufgucke, geradeaus von mir weg, sehe ich das. Obwohl es eigentlich blöde ist, weil die Information ja rein geht, also eher vom Gegenstand zu mir."

Erst am Ende unseres Interviews entdeckt Leo, ein Schüler der 11. Klasse des Gymnasiums, diesen Widerspruch in seinen Vorstellungen zum Sehen. Leo verfügt offensichtlich über zwei verschiedene, noch dazu widersprüchliche Vorstellungen. Erstaunlich ist daran, daß Leo die Gegensätzlichkeit dieser unterschiedlichen Vorstellungen nicht

bemerkt hat, ja noch nicht einmal weiß, daß er über zwei verschiedene Vorstellungen zu einem Thema verfügt. Wenn diese Divergenz im Denken erkannt wird, kann Lernen einsichtsvoller und tiefgreifender gestaltet werden. In diesem Beitrag möchte ich zum einen die Ergebnisse einer Untersuchung von Schülervorstellungen zum Sehen und zum anderen die dabei verwendete Methode darstellen.

Es handelt sich um eine für fachdidaktische Zwecke adaptierte qualitative Methode, mit der auf der Basis geringer Fallzahlen unterrichtlich bedeutsame Ergebnisse erzielt werden können. Die bisher vorliegenden Untersuchungen über Vorstellungen zum Thema

"Sehen" stammen aus den Bereichen Psychologie (Piaget, 1992) und Physikdidaktik (Jung, 1981; 1982; Kärrqvist, 1983; Andersson & Kärrqvist, 1983; Guesne, 1984; 1992 Rice & Feher, 1987; Reiner, 1992; Galili, Bendall & Goldberg, 1993; Osborne et al., 1993; Whitworth & Millar, 1994; Selley 1996a;b). Diese Untersuchungen betreffen vor allem das Licht, dessen Natur, Brechung und Reflexion und manchmal auch das Auge und dessen Interaktion mit dem Gegenstand. Obwohl einige Titel mehr versprechen z. B. "How do we see?" (Whitworth & Millar, 1994) und "Children's ideas of Light and Vision" (Selley, 1996), werden keine physiologischen, neuronalen, mentalen und erkenntnistheoretischen Aspekte des Sehens einbezogen.

Von biologiedidaktischer Seite sind keine Untersuchungen über Schülervorstellungen zum Sehen bekannt (vgl. Pfundt & Duit 1994). Bei den vorliegenden Ergebnissen über Vorstellungen zum Sehen können zwei Gruppen unterschieden werden: solche zu Licht und Optik und solche zur Funktion des Auges.

Von den Vorstellungen zu Licht und Optik lassen sich einige der Kategorie des "umgebenden Lichts" ("Lichtsee") zuordnen: Die Lichtquelle, die Gegenstände und das Auge sind vom Licht umgeben, es existiert im Raum und füllt diesen. Licht ist drumherum (Guesne, 1984; 1992; Reiner, 1992; Selley, 1996a). Eine andere Kategorie ist die des "beleuchtenden Lichts":

Das Licht beleuchtet den Gegenstand (Guesne, 1984; 1992). In beiden Fällen wird keine Verbindung zwischen Gegenstand und Auge hergestellt. Jüngeren Kindern ist die Idee, daß Licht sich mit einer Geschwindigkeit im Raum bewegt, sehr fremd (Guesne, 1984; 1992). Die Natur des Lichts kann von älteren Schülern und Studenten auch als Partikelstrom beschrieben werden oder als Welle, ähnlich einer Wasserwelle oder einem Partikel auf einem wellenförmigen Weg (Reiner, 1992). Eine weitere Kategorie von Vorstellungen läßt sich als "augenfälliges Licht" kennzeichnen: Entweder trifft irgendein Lichtstrahl das Auge oder es fällt Licht vom

Gegenstand ins Auge. Ganz allgemein kommt etwas ins Auge. Dies kann ein Bild sein, es kann aber auch Licht in Form von Wellen oder Photonen sein (Kärrqvist, 1983; Andersson & Kärrqvist, 1983; Guesne, 1984; 1992 Reiner, 1992; Whitworth & Millar, 1994; Selley, 1996a). Eine Reihe von Beobachtungen zeigt, daß das Wort "Licht" von Schülern nicht unbedingt in einem physikalischen Sinne verwendet wird, z. B. wenn Schüler sich vorstellen, daß weißes Papier in einer Dunkelkammer leuchtet oder daß das Weiße das Licht speichert (Jung, 1981; 1982) oder wenn Licht und Sehen austauschbar werden, indem der Blick als hellmachend verstanden wird oder die Lichtquelle als sehend (Piaget, 1992). In den Vorstellungen von der Funktion des Auges ist das Auge oft aktiv: Es erfaßt einen Gegenstand, jemand stellt seine Linse auf das Buch ein, die Augen konzentrieren sich auf einen Gegenstand. Licht verläßt beim Sehen das Auge und trifft den Gegenstand. Eine Art Strahlen (Wellen, Impulse, Blick, Sicht) geht vom Auge zum Gegenstand (Kärrqvist, 1983; Andersson & Kärrqvist, 1983). Es gibt auch die Vorstellung, daß sich Blicke begegnen oder kreuzen und sich dabei möglicherweise vermischen oder aufeinanderprallen. Jemand fragte sich, warum man den Blick eines anderen Menschen nicht spürt, der auf die Wange blickt (Piaget, 1992). In anderen Vorstellungen geht etwas rückwärts und vorwärts zwischen Auge und Gegenstand:

Das Auge sendet Strahlen aus, die zum Auge zurückkehren. Manchmal passiert eigentlich auch gar nichts. Die Person oder das Auge sieht den Gegenstand (Kärrqvist, 1983; Andersson & Kärrqvist, 1983; Guesne, 1984; 1992; Reiner, 1992; Galili, Bendall & Goldberg, 1993). Es liegen auch Beobachtungen vor, in denen Erfahrungen mit der visuellen Wahrnehmung ausgedrückt werden: Man kann auch unter ungünstigen Umständen etwas sehen, wenn sich der Gegenstand vom Untergrund abhebt, wenn man das Bild noch in den Augen hat; wenn sich die Augen langsam an die Dunkelheit gewöhnen und wenn ein Gegenstand ganz nahe ans Gesicht gehalten wird (vgl. Jung, 1981; 1982).

## 2. Theoretischer Rahmen

### 2.1 Modell der Didaktischen Rekonstruktion

Grundlage dieser Untersuchung von Schülervorstellungen zum Sehen ist das Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, 1992; 1994). Darin werden fachliche Vorstellungen zu einem Thema mit den entsprechenden Schülervorstellungen in Beziehung gesetzt, um davon ausgehend die Inhalte des Unterrichts zu planen. Das gesamte Untersuchungsprogramm besteht aus drei wechselseitig abhängigen Aufgaben: Erfassung von Schülervorstellungen, fachliche Klärung und didaktische Strukturierung (Gropengießer & Kattmann, 1993; Gropengießer & Kattmann, 1994; Kattmann & Gropengießer, 1996). Die Untersuchungen der Schülervorstellungen und der fachlichen Vorstellungen profitieren wechselseitig voneinander. In beiden Fällen handelt es sich um "methodisch kontrolliertes Fremdverstehen" (Schütze u. a., 1973, 433 f.). Die entscheidende Leistung des Modells besteht darin, beide Arten von Vorstellungen aufeinander zu beziehen und gleichwertig für die Didaktische Rekonstruktion von Unterrichtsinhalten zu nutzen.

Im Modell der Didaktischen Rekonstruktion werden die Schülervorstellungen als das Ergebnis der bisherigen Lerngeschichte geachtet. Interpretativer Grundsatz ist die Sinnunterstellung: Vorstellungen sind durchaus erfolgreich in bestimmten Situationen, und sie sind innerhalb des jeweiligen Rahmens kohärent und stimmig. Die Vorstellungen sind jeweils in dem Kontext zu verstehen, in dem sie vom Individuum gebildet werden. Solange sie dem Interpreten als widersprüchlich oder gar absurd erscheinen, ist zu vermuten, daß dieser das Gesagte noch nicht verstanden hat (Lijnse, 1995). Bei den Schülervorstellungen geht es nur am Rande um Wissen im Sinne fachlicher Kenntnisse, doch vielmehr um Vorstellungen, die Schüler im alltäglichen und im wissenschaftlichen Kontext verwenden. Lebensweltliche Vorstellungen und wissenschaftsorientierte Vorstellungen

werden als zunächst nicht bewertete kognitive Konstrukte betrachtet, über die eine Person prinzipiell nebeneinander verfügen kann. Sie werden als Momentaufnahme der individuellen Lerngeschichte akzeptiert, mit dem Ziel, lernförderlichen Unterricht zu gestalten. Es ist wenig hilfreich, die Schülervorstellungen wie bei einer Klausur hinsichtlich ihrer Übereinstimmungen oder Abweichungen in bezug auf (wissenschaftliche) Standards zu bewerten und z. B. als "Fehlvorstellungen" (misconceptions) zu bezeichnen.

### 2.2 Formen der Verallgemeinerung

Im Unterricht sind es Schüler, die ihre individuellen Vorstellungen zu einem bestimmten Thema ändern sollen. Beim Lernen können sie immer nur von ihren verfügbaren Vorstellungen ausgehen. Um diese zu erkennen und die Schüler durch gezielte unterrichtliche Angebote in ihrem Lernen zu unterstützen, sind Kategorien notwendig, mit denen die kontextspezifischen Vorstellungen klassifiziert werden können. Solche Klassen von Vorstellungen werden auch im Modell der Didaktischen Rekonstruktion benötigt, um auf die fachlichen Vorstellungen Bezug zu nehmen. Ziel dieser Untersuchung ist es deshalb, die Schülervorstellungen über den Einzelfall hinaus gültig zu verallgemeinern. Die Verallgemeinerung bezieht sich auf die Inhalte der Vorstellungen und kann als gelungen gelten, wenn die wesentlichen Klassen von Vorstellungen zu einem Thema gebildet sind. Bei dieser Aufgabenstellung können auch sehr kleine Fallzahlen ausreichend sein, denn zum Erkennen einer Klasse von Vorstellungen genügt bereits ein Einzelfall. Allerdings müssen Maßnahmen zur Qualitätssicherung der Ergebnisse in das Verfahren eingebaut werden, um die Gültigkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Die Verallgemeinerung bezieht sich also nicht auf Häufigkeiten von Vorstellungen in der Stichprobe, die repräsentativ für eine größere Gruppe sein könnten. Über die durchschnittlichen Häufigkeiten bestimmter Vorstellungen bei Schülern können in dieser Untersuchung keine Aussagen gemacht wer-

den, wohl aber über wesentliche Klassen von Schülervorstellungen zum Sehen. Metaphorisch gesprochen sollen die unterschiedlichen Denkgebäude einzelner Schüler von ihrem Aufbau her verstanden und zu Klassen verallgemeinert werden. Nicht beabsichtigt ist es, die prozentuale Häufigkeit bestimmter Bauteile festzustellen.

### 2.3 Vorstellung von Vorstellung

Bedingung für das Herstellen von Bezügen zwischen verallgemeinerten Vorstellungen von Schülern und Wissenschaftlern ist deren Vergleichbarkeit. Für den Vergleich werden deshalb persönliche und wissenschaftliche Theorien auf den jeweils gleichen Komplexitätsebenen strukturiert, nämlich auf den Ebenen der Konzepte und Denkfiguren. Dafür ist ein adäquater fachdidaktischer Vorstellungsbegriff notwendig. Schon am "Begriff", einer speziellen Form der Vorstellung, läßt sich der gedankliche, sprachliche und referentielle Bereich unterscheiden:

- "Begriffe" werden immer gedanklich verstanden.
- "Wörter" sind sprachliche Zeichen, mit denen man Begriffen Ausdruck verleihen kann. Es kann sich dabei um fachspezifische Wörter, d. h. "Fachwörter" oder "Termini" handeln. ("Benennungen" und

"Bezeichnungen" sind eigentlich Ausdrücke für Tätigkeiten. Üblicherweise werden damit aber die Ergebnisse dieser Tätigkeiten bezeichnet, also die Wörter, die für bestimmte Begriffe und deren Referenten stehen.)

- "Referenten" sind Dinge oder Ereignisse, auf die sich Begriffe - und über diese Begriffe auch die Wörter - beziehen. Referenten für Begriffe können allerdings auch Zeichen und Begriffe selbst sein. "Vorstellungen" sind dann subjektive, gedankliche Konstrukte. Sie lassen sich je nach ihrer Komplexität den Ebenen "Begriff", "Konzept", "Denkfigur" und "Theorie" zuordnen. Sie haben einen Referenten und können sprachlich vermittelt werden. Es soll gelten (vgl. Tab. 1):
- "Begriffe", "Konzepte", "Denkfiguren" und "Theorien" sind Vorstellungen auf Ebenen steigender Komplexität.
- "Begriffe" sind die einfachsten Elemente von Vorstellungen. Sie haben Dinge, Objekte und Ereignisse aber auch Vorstellungen und Zeichen als Referenten und können mit Termini, (Fach-)Wörtern und Ausdrücken bezeichnet werden.
- "Konzepte" sind (durch Relationen) verknüpfte Begriffe. Konzepte beziehen sich auf Sachverhalte und kommen als Behauptungen, Sätze und Aussagen zur Sprache.

referentieller Bereich	gedanklicher Bereich	sprachlicher Bereich
Referent	Vorstellung (engl.: conception)	Zeichen
Wirklichkeitsbereich	Theorie (engl.: theory)	Aussagengefüge Darlegung
Wirklichkeitsaspekt	Denkfigur (engl.: principle)	Grundsatz
Sachverhalt	Konzept (engl.: notion)	Behauptung Satz Aussage
Ding, Objekt Ereignis aber auch: Vorstellung und Zeichen	Begriff (engl.: concept)	Terminus (Fach-)Wort Ausdruck "Bezeichnung" "Benennung"
Individuum		(Eigen-)Name

Tabelle 1: Komplexitätsebenen von Vorstellungen und korrespondierende Termini im sprachlichen und referentiellen Bereich

- "Denkfiguren" sind komplexe Vorstellungen, deren Elemente verschiedene Konzepte sind. "Denkfiguren" haben erklärenden Charakter und lassen sich als Grundsatz formulieren.
- "Theorien" sind sehr komplexe Vorstellungen, deren Elemente Konzepte und Denkfiguren sind, die in Beziehung gesetzt werden. Sie beziehen sich auf einen Wirklichkeitsbereich und werden durch Aussagegefüge oder eine Darlegung vermittelt.

## 2.4 Fragestellung

Die Fragestellung dieser Untersuchung zielt auf Vorstellungen zum "Sehen" von Schülern

der Oberstufe des Gymnasiums, und zwar bevor "Wahrnehmung" zum Unterrichtsthema der Oberstufe wird:  
Welche Vorstellungen, also Begriffe, Konzepte und Denkfiguren, haben Schülerinnen und Schüler zum "Sehen"?

## 3. Methode

### 3.1 Erhebungsverfahren

Der Forschungsgegenstand "individuelle Schülervorstellungen zum Sehen" macht es notwendig, interpretativ in einem problemzentrierten, offenen und interaktiven Verfahren die Komplexität individueller Bedeu-

Merkmalsdimensionen des Interviews	Formen der Bezeichnungen
Vorgabe der Themenwahl durch den Interviewer	frei > fokussiert, problemzentriert
Intention des Interviews (Freiheitsgrade des Interviewers)	unstrukturiert > leitfaden-strukturiert standardisiert
Anzahl der Schüler	> Einzelinterview Gruppeninterview
Freiheitsgrade für Äußerungen der Schüler	> offen geschlossen
Kommunikationsstruktur	teilnehmend > dialogisch monologisch
Stil der Kommunikation	> akzeptierend (persönlich) > neutral (inhaltlich) hart
Interventionsmodus	> Frage > Aufforderung > Widerspruch > Situationsschilderung > Zeichenvorlage > Zeichnung > Foto
Datenmodus	> mündlich > schriftlich > zeichnerisch handelnd
Zeitbedarf	kurz > zeitaufwendig
Typ der Auswertung	> qualitativ quantitativ

Tabelle 2: Charakterisierung des gewählten Interviewtypus (gewählt: >)

tungsstrukturen deskriptiv zu unterscheiden. Damit sind qualitative Untersuchungsmethoden adäquat. Gewählt wurde eine Interviewmethode, deren Merkmale sich der Tabelle 2 entnehmen lassen (in Anlehnung an Lamnek 1989, 37; Mayring, 1990b, 45; Huber & Mandl, 1982, 23; vgl. auch Flick, 1995, 146 f.). Je nachdem, welcher Aspekt hervorgehoben werden soll, kann die Befragung als ein problemzentriertes, ein durch Leitfaden strukturiertes oder als ein offenes (Einzel-)Interview gekennzeichnet werden.

### 3.2 Maßnahmen zur Sicherung der Qualität der Ergebnisse

Es sind von vornherein Maßnahmen zu planen, um die Qualität der Forschungsergebnisse sichern zu helfen. Die Maßnahmen zielen auf Auswahlgültigkeit, Verfahrensgültigkeit und korrelative Gültigkeit.

**Auswahlgültigkeit.** Es werden "ganz normale" Interviewpartner ausgewählt. Diese Maßnahme trägt dem möglichen Einwand Rechnung, es handele sich bei den Ergebnissen um Extremfälle, z. B. um Vorstellungen einer von anderen Schülern längst überwundenen Entwicklungsstufe oder um elaborierte Phantasereien.

**Verfahrensgültigkeit.** In Anlehnung an allgemeine Gütekriterien qualitativer Forschung (Mayring 1990a, 103 f.) werden im folgenden fünf Maßnahmen beschrieben, welche die Validität des Verfahrens sichern sollen:

- (1) **Schrittweises und kontrolliertes Vorgehen:** Das Vorgehen ist zuvor festgelegt und erfolgt schrittweise, immer unter Berücksichtigung der Fragestellung. Es wird ergänzt und abgesichert mit der Kontrolle der Auswertung durch mindestens eine andere Person.
- (2) **Verfahrensdokumentation:** Die Umstände und Verfahren der Erhebung, der Aufbereitung des Materials und der Auswertung werden nachvollziehbar und detailliert dokumentiert.
- (3) **Argumentative Interpretationsabsicherung:** Die Interpretationen werden argumentativ abgeleitet.

- (4) **Mitwirkung der Interviewpartner:** Das Ergebnis der Erhebung hängt ganz entscheidend von der Mitwirkung der Schüler ab, d. h. von deren Bereitschaft wie auch ihren sprachlichen Fähigkeiten, über ihre Vorstellungen Auskunft zu geben. Die Schüler werden als Interviewpartner betrachtet und nicht als bloße Forschungsobjekte.

- (5) **Interne methodologische Triangulation:** Das Interview ist so zu planen und durchzuführen, daß zwei oder mehr methodisch variierte Interventionen auf wesentliche Bereiche des Themas "Sehen" zielen: Es ist z. B. eine allgemein gehaltene Sondierungsfrage zu beantworten ("Was braucht man alles zum Sehen?"), eine Vorlage zeichnerisch zu ergänzen ("Wie läßt sich "Sehen" am besten bildlich darstellen?") und eine Zusammenfassung zu formulieren ("Können Sie Ihre Vorstellungen zum "Sehen" bitte nochmal zusammenhängend darstellen").

**Korrelative Gültigkeit.** Mit Hilfe von Vergleichen zu Untersuchungsergebnissen, die mit anderen Methoden gewonnen wurden, werden die vorliegenden Ergebnisse eingeschätzt (s. Diskussion der Ergebnisse).

### 3.3 Überlegungen zur Interpretation der Interviews

Die Vorstellungen, die ein Interviewpartner zum Thema "Sehen" hat, gehören zur individuellen kognitiven Welt des Interviewpartners und können weder offengelegt noch weitergegeben werden. Es kann lediglich vom Schüler als Interviewpartner der Versuch unternommen werden, diese Vorstellungen zu vermitteln, durch Äußerungen wie Wörter, Sätze, Haltung, Gestik, Mimik und in diesem Falle auch Zeichnungen. Dies geschieht in der Kommunikation mit dem Interviewer, indem durch Konversation (wörtlich: "gemeinsames Sich-Wenden-und-Drehen") die Herstellung eines konsensuellen Bereiches angestrebt wird (Maturana, 1985, 263). Schon hier weist der Interviewer als Interpret diesen Äußerungen seine Bedeutungen zu. Diese sind danach in

einem methodisch kontrolliertem Interpretationsprozeß zu reflektieren, in Frage zu stellen und tentativ neu vorzunehmen. Die schwierige Aufgabe besteht darin, die vom Interviewpartner gemeinte Bedeutung zu erfassen, auch dann, wenn eine eigene, möglicherweise abweichende Bedeutungszuweisung des Interviewers besteht. Die Haltung des Interpretieren bei der Interpretation der Interviews kann als kritisch, aber wohlwollend gekennzeichnet werden (vgl. Davidson 1991).

### 3.4 Leitfaden

Der Leitfaden ist wegen der besseren Übersichtlichkeit tabellarisch aufgebaut und thematisch gegliedert. Entsprechend der Fragestellung zielen die Interventionen auf die Instanzen und Prozesse des Sehens sowie die epistemologischen und ontologischen Vorstellungen. Der vollständige Leitfaden kann beim Autor angefordert werden.

### 3.5 Vorgehensweise bei der Aufbereitung des Materials

Ziel der Aufbereitung ist es, die Tonaufzeichnung der sprachlichen Äußerungen in eine lesbare Form zu überführen und auf die relevanten Aussagen zu reduzieren:

Bedeutungstragende Aussagen werden ausgewählt, Redundanzen und Füllsel ausgelassen, und die Aussagen des Interviewpartners werden so paraphrasiert, daß man sie auch ohne die Fragen des Interviewers verstehen kann.

Das Transkript soll die Auswertung erleichtern. Letztlich maßgebend ist aber in jedem der Aufbereitungs- und Auswertungsschritte die Tonaufzeichnung. Auf sie muß in Zweifelsfällen immer wieder zurückgegriffen werden.

### 3.6 Vorgehensweise bei der Auswertung der Interviews

Die Aussagen werden geordnet nach den Strukturen und Prozessen des Sehens sowie nach den epistemologischen und ontologischen Vorstellungen im Zusammenhang mit

Sehen. Innerhalb dieser Zuordnungen wird dann geprüft, welche Vorstellungen untereinander verträglich sind und zusammenhängen und welche Vorstellungen verschieden oder gegensätzlich sind. Kohärente Aussagen werden in einem gemeinsamen Absatz zusammengestellt und mit einer Titelzeile benannt. Im Rahmen der Explikation werden die geordneten Aussagen der Schüler in bezug auf weiterführende Aspekte interpretativ erschlossen:

Charakteristika des Verständnisses vom Sehen werden herausgearbeitet, sprachliche Aspekte werden besonders beachtet und ausgelegt, offenbare Widersprüche und Probleme im Denken der Schüler werden zusammengestellt. In der Strukturierung werden dann Konzepte herauspräpariert und formuliert. Die Konzepte werden durch einen treffenden Namen gekennzeichnet.

### 3.7 Vorgehensweise bei der Verallgemeinerung

Ausgehend von den erfaßten individuellen Denkstrukturen zum "Sehen" auf der Ebene der Konzepte, wird eine Verallgemeinerung in Form einer Kategorienbildung vorgenommen. Es sind dann nicht mehr nur einzelne, mit Eigennamen identifizierte individuelle Vorstellungen, sondern Kategorien für Vorstellungen zum Sehen. Damit können kategorienbezogene Klassen von Vorstellungen gebildet werden. Allerdings wird nicht schon die Untersuchung jedes Einzelfalles die volle Breite und Variabilität der Schülervorstellungen ergeben. Die Anzahl der zu untersuchenden Fälle ist daran zu messen, inwieweit eine Verallgemeinerung unter dem Gesichtspunkt der verfolgten Ziele gelingt.

### 3.8 Untersuchungsfeld

Schon die Art der Kontaktaufnahme kann entscheidend sein für die Rolle, in der ein Interviewpartner sich selbst, aber auch den Interviewer erlebt. Es muß deutlich werden, daß der Interviewer außerhalb der schulischen Hierarchie steht. Um den nichtschulischen

Charakter des Interviews zu betonen und um eine angenehme Situation zu schaffen, wurde ein neutraler öffentlicher Ort (Café) gewählt. Verschiedene Lehrerinnen und Lehrer in Bremen wurden gebeten, Schülerinnen und Schüler der 11. Jahrgangsstufe aus Biologie-Kursen zu benennen, die von ihnen leistungsmäßig weder als sehr gut noch sehr schlecht eingeschätzt wurden. Weiterhin sollten diese Schüler möglichst nicht als einsilbig, sondern als kommunikativ bekannt sein. Während einer großen Pause nahm ich nach einem Hinweis der Lehrer selbst Kontakt zu den jeweiligen Schülern auf. Den Interviewpartnern wurde Anonymität zugesichert. Die Namen der Interviewpartner sind deshalb geändert.

Es wurden insgesamt zwei Schülerinnen und drei Schüler interviewt.

#### 4. Ergebnisse

##### 4.1 Denkfiguren zum Sehen

Die aus den Äußerungen der Schüler erschlossenen Vorstellungen lassen sich in drei Denkfiguren kategorisieren: Zunächst und grundlegend sind dies Vorstellungen darüber, wie Erkenntnis zustande kommt und was da erkannt wird. Sie werden hier als "Alltäglicher Realismus" (s. Tab. 3) zusammengefaßt. Auf der Grundlage dieses Alltäglichen Realismus verfügen alle Interviewpartner gleich über zwei Denkfiguren, nach denen Sehen funktionieren soll: Erstens die Denkfigur der Evidenz (s. Tab. 4) als Komplex von Konzepten, die aus den lebensweltlichen Körper- und Wahrnehmungserfahrungen erwachsen sind, und zweitens die Denkfigur der Instruktion (s. Tab. 5) als vermutlich schulisch oder medial vermittelte Vorstellung wissenschaftlichen Ursprungs. Die Denkfiguren werden durch Konzepte verdeutlicht. Innerhalb der Denkfigur der Instruktion sind die Vorstellungen variantenreich. In der Tabelle 5 kommt dies dadurch zum Ausdruck, daß bis zu drei Konzepte nebeneinander stehen. Die Denkfiguren "Evidenz" und "Instruktion" sind in vielen Konzepten gegensätzlich. Vom Verständnis

der Schüler her sind diese Denkfiguren aber zunächst keine Widersprüche. Sie werden lediglich in verschiedenen Kontexten gebraucht, ohne daß der Gegensatz dabei hervorträte und als Widerspruch erkannt würde. Diese Dichotomie lebensweltlicher und wissenschaftsorientierter Konzepte läßt sich gut belegen. Während des Interviews erkennen und benennen die Interviewpartner Fee, Leo, Till und Anna explizit Schwierigkeiten und Widersprüche bei einem Vergleich zwischen einzelnen Konzepten aus den beiden Denkfiguren.

**Denkfigur Alltäglicher Realismus:  
Die Dinge existieren und sie werden so  
gesehen wie sie sind.**

**Epistemologischer Realismus:**

**Die Dinge werden so gesehen wie sie sind.**

- **Sehen und Dasein:** Was gesehen wird, ist da.
- **Dasein und Sehen:** Weil etwas da ist, wird es gesehen.
- **Wahrhaftigkeit:** Was gesehen wird, ist wahrhaftig so.
- **Ersetzbarkeit:** Jeder sieht unter gleichen Bedingungen das Gleiche.
- **Bewußtheit:** Wenn man etwas sieht, ist es einem bewußt.

**Ontologischer Realismus:**

**Die Existenz der Dinge ist unabhängig vom  
Sehen oder der Wahrnehmung.**

Tabelle 3: Denkfigur Alltäglicher Realismus

##### 4.2 Alltäglicher Realismus

Die Interviewpartnerin Anna sagt: "Wahrnehmung ist, daß man etwas wahrnimmt, eigentlich weil es da ist. Was ich wirklich sehe, das ist halt da. Wenn man es nicht sehen würde, dann wäre ich mir auch nicht sicher. Aber da ich es sehe, ist es eigentlich. Darüber denkt man so auch nicht nach. Wäre alles Einbildung, dann könnte man Menschen nicht wiedererkennen." Anna drückt damit Selbstverständlichkeiten alltäglicher erkenntnistheoretischer Überzeugungen aus, die in Tabelle 3 zum Alltäglichen Realismus verallgemeinert

## Denkfigur Evidenz:

Wenn man wo hinsieht, wo draufguckt,  
dann sieht man das einfach, was da ist.

- **Extrospektion:** Ausgehend vom Auge führt das Gucken oder Sehen in Richtung auf den Gegenstand.
- **Okuläres Sehen:** Zum Sehen braucht man das Auge. Man sieht mit dem Auge.
- **Bild vor Augen:** Man sieht ein Bild vor Augen.
- **Intentionales Handeln:** Man guckt dahin und dann sieht man das.
- **Begriffliches Sehen:** Das Gesehene ist etwas Bestimmtes, man erkennt und weiß, was man sieht.
- **Bewußtes Selbst:** Ich selbst bin es, der/die sieht.
- **Lichtbedarf:** Licht ist notwendig zum Sehen. Ohne Licht sieht man nichts.
- **Gefühl, angesehen zu werden:** Man fühlt, wenn man angesehen wird.

Tabelle 4: Denkfigur Evidenz

sind. Üblicherweise funktioniert diese alltägliche Erkenntnistheorie in lebensweltlichen Zusammenhängen gut. Aber die Schüler kennen auch Irrtum, Täuschung und Grenzen. So bildet man sich manche Dinge nur ein. Erst wenn sich die Seh wahrnehmungen zu anderen Sinneswahrnehmungen fügen, erhöht sich deren Verlässlichkeit. Manche Dinge sind auch unsichtbar. Dies läßt sich als die Einsicht verstehen, daß Sehen ausschnitthaft ist und nicht alles erfaßt, also selektiv ist. Dazu sind auch einige wissenschaftsorientierte Vorstellungen bekannt: Man sieht nur in einem Ausschnitt des Spektrums. Manche Tiere können mehr oder weniger sehen als wir. Sehen ist subjektiv und nie objektiv. Andere müssen nicht genau das gleiche sehen. Auch der ontologische Realismus wird von Fee aufgrund eines Philosophie-Kurses infrage gestellt, wenn sie denkt, daß die Existenz nichtgesehener Dinge nur angenommen werden kann.

### 4.3 Denkfigur Evidenz

Wenn man da hinguckt, dann sieht man das (Fee und Leo). Man sieht einfach das, was man

will (Jerry). Etwas steht da, ich sehe das (Anna). Sehen gelingt selbstverständlich. Die Evidenz der alltäglichen Erfahrung des Sehens ist überwältigend. Wir haben meistens sofort das überzeugende Erlebnis der Sehdinge, die uns einfach gegeben sind. Das Gesehene Ding wird nicht als Gesehenes, sondern als Ding verstanden, jedenfalls während des Sehens. Wir erleben unser Sehen und die Dinge buchstäblich als eins. Diese lebensweltliche Evidenz bedarf zunächst keiner Begründung oder Erklärung. Sehen ist so. Die Denkfigur der Evidenz (s. Tab. 4) ist keine Vorstellung im Sinne einer Theorie, sondern vereint gestalthaft die Erfahrungen bei einer im Wachzustand immerwährenden Betätigung.

Die Denkfigur der Evidenz wird besonders im Zusammenhang mit der Blickrichtung deutlich. Man guckt etwas an, auf etwas drauf, in etwas hinein oder durch etwas hindurch (Fee, Leo und Jerry). Anna hat dafür den Ausdruck des Hinsehens. Für sie ist dies sogar das Sehen im eigentlichen Sinne. Till hingegen benutzt die Redewendungen des Anguckens oder Hinsehens im Interview nicht. Er trägt ein differenziertes, wissenschaftsorientiertes Instruktions-Konzept vor. Aber auch bei ihm setzt sich die lebensweltliche Evidenz des Sehens durch: Das Bild muß zurück, denn das Bild sitzt (für die eigene Wahrnehmung) vor den Augen! Sehen wird jedenfalls im lebensweltlichen Sinne als nach außen gerichtete Tätigkeit der Augen, als Extrospektion, begriffen.

Der Blick kann absichtlich auf ein Objekt gerichtet werden. Die Intention zusammen mit dem eigenen Handeln bewirkt das Ergebnis einer Wahrnehmung. Sehen erhält damit auch das kausale Moment der absichtsvollen Aktivität oder der intentionalen Handlung (Anna).

Dies wird auch deutlich, wenn Jerry sagt, daß man nicht immer weiter geradeaus gucken kann, weil Sehvermögen und Vorstellungskraft irgendwo nicht mehr ausreichen. Hier verbinden sich Kausalität und Extrospektion. Es ist alltägliche Erfahrung, daß in einer kausalen Beziehung der Effekt mit wachsender Entfernung zwischen dem Verursacher und

dem Objekt abnimmt. Dicht vor Augen kann man mehr erkennen (Anna).

Mit wenigen Ausnahmen ist beim Sehen auch immer schon Sinn und Bedeutung gegeben. Wir sehen keine Linien oder Farbflächen, sondern immer schon Gegenstände. Dies wird ausgedrückt, wenn es um das ganze Objekt geht oder wenn die Reflexionen, Strahlen oder Bilder von den Gegenständen (und nicht aus allen Richtungen des Raumes) kommen. Es fällt sogar schwer, das "Sehen ohne Begreifen" zu beschreiben: Selbst die Ausdrücke "Linien" oder "Farbflächen" haben schon Bedeutung. Diese Selbstverständlichkeit wird erst dann deutlich und auch ausgedrückt, wenn ein gewisses Verständnis der Situation da ist. Fee unterscheidet zwischen reinem und wissendem Sehen: Zuerst sieht man nur irgendwas, dann weiß man, was man sieht, dann kann man auch sagen, was es ist. Hier wird das unwissend Gesehene als etwas Bestimmtes interpretiert oder begrifflich erfaßt. In Ausnahmefällen sieht man dagegen nur irgend etwas. Dieses Reine Sehen, welches Fee dem Wissenden Sehen vorausgehen läßt, ist ein Sehen (noch) ohne Sinn. Bei manchen Bildern braucht man eine Weile, bis man erkennt, worum es sich handelt und was das Gesehene bedeutet (z. B. bei Drudel-Bildern). Manchmal ändert sich auch die Interpretation. Wer da sieht oder wahrnimmt, das bin entweder "ich", oder das ist das auch Andere einschließende, soziale "man" und seltener das plurale "du". Diese als Einheit erlebte Instanz, die das alles sieht und weiß, wird hier "Bewußtes Selbst" genannt. Sehen wird in lebensweltlichen Zusammenhängen nicht selbst und getrennt als Vorgang bemerkt. Die Prozesse des Sehens bleiben ungesehen und unbewußt. Lediglich die notwendigen Randbedingungen werden erkennbar: Man muß die Augen aufmachen und sie in eine bestimmte Richtung auf ein Ding wenden, es angucken (Fee). Man sieht nichts, wenn die Augen geschlossen sind oder das Auge abgewendet ist. Instanz dieses evidenten Sehens ist das aktive Auge (Anna). Jerry formuliert, daß wir nicht um uns herum sehen können. Licht ist notwendig (Leo und Anna). Manchmal

sieht man nicht sofort, aber man kann sich an die Dunkelheit gewöhnen und dann sieht man das (Anna). Die Gegenstände müssen sich auch voneinander unterscheiden (Anna), also Kontrast haben. Man spürt, fühlt oder weiß, wenn man von hinten angesehen, angeguckt oder angestarrt wird. Darin sind sich alle Interviewpartner einig. Leo ist allerdings skeptisch, ob es wirklich gefühlt und nicht nur eingebildet wird. Verursacht wird das Gefühl durch Körperwellen (Fee) und durch die Atmstrahlung des Menschen (Anna). Fee ist sehr nahe an einer Vorstellung von Sehstrahlen, verwirft dies aber schon beim Aussprechen des Wortes. Ein deutlicher Bezug zur Extrospektion wird nicht hergestellt.

#### 4.4 Denkfigur Instruktion

In allen Interviews kommen Vorstellungen ausgiebig zur Sprache, bei denen Sehen beim Gegenstand beginnt, über das Auge zum Gehirn verläuft und bei einer wahrnehmenden Instanz endet. Sehen ist in diesem Teilbereich der Sehkonzepte einseitig vom Gegenstand auf die wahrnehmende Instanz gerichtet. Dahinter steht die erkenntnistheoretische Grundannahme, daß die wahrnehmende Instanz wahre Kenntnis über die Gegenstände erhält. Dies geschieht über einen Vorgang, bei dem der Gegenstand die Wahrnehmung über verschiedene Stationen und Zwischenschritte nach seinem Bilde gestaltet. Die Beziehung zwischen Gegenstand und wahrnehmender Instanz wird prinzipiell als instruktiv vorgestellt. Sehen wird als Wahr-Nehmung im wörtlichen Sinne verstanden. Die Mittel und Stationen dieser Instruktion (s. Tab. 5) werden bei den Interviewpartnern unterschiedlich und teilweise auch stark abweichend von wissenschaftlichen Konzepten beschrieben. Schon die Verbindung zwischen Gegenstand und Auge wird vielfältig konzipiert. Dies gilt sowohl für einzelne Interviewpartner, die mehr als nur eine Vorstellung dazu äußern, als auch für den Vergleich zwischen den Interviewpartnern. Es lassen sich drei Konzepte der Interaktion von Gegenstand und Auge differenzieren, die alle holistische Züge tra-

## Denkfigur Instruktion:

Beim Sehen instruiert das Objekt die wahrnehmende Instanz.

- **Introdirektionale Wahrnehmung:** Sehen fängt beim Objekt an, verläuft durch das Auge und endet bei der Wahrnehmungsinstanz.
- **Rezeption:** Das Auge nimmt etwas (Bilder, Eindrücke, Strahlen, Licht, Farben) auf.
- **Holistische Strahlen:** Vom Gegenstand ausgehend bzw. reflektiert treffen (Licht-)Strahlen auf das Auge.
- **Instruktive Eidola:** Bilder von den Gegenständen, die schon vor dem Auge vorhanden sind, fallen ins Auge.
- **Holistisches Bild:** Aus allen Lichtstrahlen vom Gegenstand erzeugt die Linse das ganze Bild auf der Netzhaut.
- **Konduktion:** Das Auge leitet das Aufgenommene (Strahlen) weiter. Das Aufgenommene ist das Weitergeleitete.
- **Transduktion:** Das Auge wandelt das Aufgenommene in das Weitergeleitete (z. B. Bilder zu elektrischen Impulsen) um.
- **Transmission:** Vom Auge wird etwas (Information, elektrische Impulse, Reize) über eine Leitung an das Gehirn weitergeleitet.
- **Bildkonstitution:** Aus der transmittierten Strahlung entsteht ein Bild im Gehirn.
- **Bildrestitution:** Das Weitergeleitete (Information, elektrische Impulse) wird wieder in ein physisches oder psychisches Bild des Gegenstandes im Gehirn verwandelt.
- **Wahrnehmendes Gehirn:** Wahrgenommen wird ein vom Gehirn hergestelltes physisches Bild.
- **Wahrnehmende Psyche:** Wahrnehmung ist ein Vorgang auf psychischer Ebene.
- **Gehirnaktivität:** Beim Sehen ist das Gehirn aktiv an der Augensteuerung und der Wahrnehmung beteiligt.

Tabelle 5: Denkfigur Instruktion: Nebeneinander stehende Konzepte sind Varianten

gen. Dieser Holismus könnte auf lebensweltlichen Einfluß zurückzuführen sein. Wenn Sehen als begrifflich, also als das Gegebensein von etwas Sinnvollem und Bedeutungsvollem, erlebt wird, dann müssen schon die Bilder oder Strahlen von diesem ganzen Gegenstand kommen und als solche zusammenbleiben. Die Funktion des Auges in der Interaktion mit dem Gehirn läßt sich in zwei grundlegende Kategorien scheiden: Erstens die Vorstellung, daß das Auge die rezipierten Strahlen unverändert direkt zum Gehirn leitet (Jerry). Hier besteht also die Funktion des Auges lediglich in der Rezeption und Konduktion. Zweitens die Vorstellung, daß ein Bild im Auge existiert, z. B. instruktive Eidola oder ein holistisches Bild. Anna stellt sich einen bestimmten Fleck im Auge vor, wo bestimmte Sinneszellen das irgendwie kennen. Weitergeleitet werden dann aber elektrische Impulse. Für Leo und Till ist es die Netzhaut, die

der Informationserfassung bzw. der Umwandlung dient. Weitergegeben wird Information als abstrakte Variante oder es werden elektrische Impulse als elektrophysiologische Variante geleitet. Bei Fee dient das Auge allgemein als Organ der Informationsaufnahme aus den Bildern und aus der Reflexion. Weitergeleitet werden Informationen. Für Fee, Leo und Anna wird durch die unterschiedliche Benennung dessen, was vom Auge rezipiert und zum Gehirn weitergeleitet wird, eine weitere Funktion des Auges deutlich, die von Till mit Umwandlung bezeichnet wird. Im Grunde handelt es sich bei Anna, Leo, Till und Fee um ein Transduktionskonzept.

Die Vorstellungen darüber, was im Gehirn mit dem Weitergeleiteten geschieht, sind unterschiedlich. Für Jerry werden die Strahlen zu einem physischen Bild im Kopf verarbeitet. Das Bild wird im Gehirn erstmals konstituiert. Bei den anderen Interviewpartnern

kommt es im Gehirn zur Bildrestitution, d. h. zur neuerlichen Zusammensetzung eines psychischen Bildes aus der weitergeleiteten Information (Fee), Entstehung eines physischen Bildes aus Information (Leo), Rückverwandlung aus elektrischen Impulsen zu einem physischem Bild im Kopf (Till) oder Neuentstehung aus elektrischen Impulsen zu einem psychischen Bild (Anna).

#### 4.5 Brüche, Nachdenklichkeiten und Widersprüche

Leo entdeckt die Gegenläufigkeit (s. Einleitung) zwischen der lebensweltlichen Blickrichtung (Extrospektion) und der wissenschaftsorientierten Informationsaufnahme (Rezeption). Bei Fee und Till ist es das "Bild im Kopf", welches mit dem "Bild vor Augen" in Widerspruch gerät. In lebensweltlicher Perspektive hat man das Bild vor Augen, in wissenschaftsorientierter Perspektive entsteht es im Gehirn. Die Frage und Schwierigkeit ist dann, wo dieses Bild zu lokalisieren ist, zumal da auch noch ein Netzhautbild ist. Leo denkt auch noch über ein anderes Problem nach: Geht das Bild ans Gehirn oder entsteht es dort? Er entscheidet sich für die Bildentstehung, allerdings sind diese Bilder für Leo schwierig vorstellbar. Anna hat ähnliche Schwierigkeiten: Wie aus kleinen elektrischen Impulsen das Bild wieder neu in der Vorstellung entsteht, kann sie sich nicht erklären. Sie hat schon öfter darüber nachgedacht, aber sie meint, daß das über die menschliche Vorstellungskraft hinausgeht. Die Schwierigkeiten bei Anna und Till sind vergleichbar mit dem physio-psychischen Problem. In einer erweiterten und allgemeineren Perspektive handelt es sich aber auch hier um den Widerspruch zwischen wissenschaftsorientierten und lebensweltlichen Vorstellungen zum Sehen. Die lebensweltliche Erfahrung und Evidenz des Sehens paßt überhaupt nicht zu den wissenschaftsorientierten instruktionistischen Anschauungen aus einer kartesisch-neuzeitlichen Tradition. Die Schwierigkeiten, ja Widersprüche in der Argumentation der Interviewpartner zeigen ein Muster. Diese

Brüche und Nachdenklichkeiten sollen hier zusammengefaßt und verallgemeinert werden, bieten sie doch mögliche Ansatzpunkte für die unterrichtliche Vermittlung.

- "Bild im Kopf" versus "Bild vor Augen": Befindet sich das "Bild" im Kopf oder haben wir es vor Augen?
  - Blickrichtung versus Informationsaufnahme oder allgemeiner Extrospektion versus introdirektionale Wahrnehmung: Richtet sich der Blick vom Auge auf den Gegenstand oder fällt Licht vom Gegenstand ins Auge?
  - Physisches Bild versus Vorstellungsbild oder allgemeiner physikalische, körperliche Vorgänge versus geistiges Erleben: Wie kann aus einem physikalischen Bild das geistige Erlebnis des Bildes entstehen?
- Alle drei Widersprüche entstehen durch disparate Vorstellungen aus nicht zu vereinbarenden Bereichen der Schülervorstellungen, nämlich aus dem Zusammenhang der Denkfigur Evidenz und dem Zusammenhang der Denkfigur Instruktion.
- Denkfigur Evidenz versus Denkfigur Instruktion:

Sieht man das einfach, wenn man wo hinguckt oder handelt es sich um einen komplizierten Instruktionvorgang ausgehend vom Gegenstand hin zum Vorstellungsbild?

Der Gegensatz zwischen der erlebten Aktivität des Sehens, die im lebensweltlichen Konzept des intentionalen Handelns enthalten ist, und der mehr passiven, rezipierenden Gestaltung des Sehens im instruktionistischen Rahmen hätte als ein weiterer Bruch deutlich werden können.

#### 4.6 Das Wort "Sehen" und die Vorstellungen der Schüler

Die Interviewpartner benutzen das Wort "Sehen" in ganz unterschiedlichen und zum Teil gegensätzlichen Bedeutungen. Für Anna bedeutet "Sehen" das Hingucken auf einen Gegenstand in der Blickrichtung, das Erfassen eines Gegenstandes durch Bewegung der Augen, das Erkennen, was es ist. Jerry gibt "Sehen" die Bedeutung von "Aufnehmen". Fee

kennt ein Reines Sehen, bei dem das Gehirn die Informationen registriert und sie zu einem Bild zusammensetzt. Dazu kommt noch das Bewußte Sehen. Man weiß dann und kann es auch sagen, was es ist. Leo kennt auch ein Sehen in Gedanken. Wenn eine Zeichnung dreidimensional gesehen wird, hält Jerry dies für eine Sinnestäuschung. Jerry kennt Illusionen und Dinge, die man falsch sieht. Das Bild kann auch vor dem Geistigen Auge erscheinen. Fee sieht den Gegenstand dabei. Auch Till kann einen Gegenstand vor seinem sogenannten inneren Auge sehen. Jerry weiß nicht, ob man farbig träumen kann, aber auf jeden Fall sieht man etwas. Später korrigiert er sich: Den Film oder die Bilder, die wir nachts angucken, sehen wir nicht, die denken wir. Dazu kommen noch metaphorische Verwendungen des Wortes "Sehen", z. B. als "Ansicht" oder "Ansehen", "Einsicht" und "Einsehen", "Aussicht" und "Aussehen", "Vorsicht" oder "Versehen", "Hinsicht", "Rücksicht" oder "Durchsicht".

Ohne den engeren und manchmal auch den weiteren Kontext ist dieses Wort nicht zu verstehen. Dies gilt für das Verständnis der Äußerungen im Interview ebenso wie für den Gebrauch dieses Wortes im Vermittlungsprozeß. Es gilt in gleicher Weise für alle Wörter. Es ist daran zu erinnern, daß Wörter keine Behälter sind, die Bedeutungen enthalten. Diese Bedeutungen werden erzeugt. Allerdings sind die Bedeutungen keineswegs völlig beliebig, sie sind vielmehr in der sozialen Gruppe mehr oder weniger akzeptiert.

## 5. Diskussion der Ergebnisse

Die Besonderheiten dieser Ergebnisse sollen hervorgehoben werden. Es wird dann gezeigt, daß die Ergebnisse auch nützlich für das kritische Verständnis wissenschaftlicher Texte sind. Abschließend werden Konsequenzen für den Unterricht gezogen.

Mit den Denkfiguren zum Sehen liegen Kategorien für Vorstellungen von Schülern der Oberstufe vor, die qualitativ vielfältig und differenziert sind, aber vor allem auch die Komplexität und die Zusammenhänge deut-

lich werden lassen. Auf der Basis des Alltäglichen Realismus verfügen die Schüler sowohl über die lebensweltliche Denkfigur der Evidenz als auch über die wissenschaftsorientierte Denkfigur der Instruktion - jeweils mit diversen, auch gegensätzlichen Konzepten. Besonders diese Dichotomie lebensweltlicher und wissenschaftsorientierter Vorstellungen ist hier hervorzuheben. Ein Vergleich mit Ergebnissen anderer Untersuchungen über Schülervorstellungen zum Sehen (vgl. Einleitung) zeigt, daß sich jene auf Teilaspekte des Sehens, z. B. Interaktion von Objekt und Auge oder das Licht, beziehen. Die dort erschlossenen Vorstellungen fügen sich gut in die in dieser Untersuchung gebildeten Denkfiguren und können somit in größere Zusammenhänge eingeordnet werden. Die Gültigkeit der Ergebnisse wird durch Korrelationen mit Befunden aus anderen Untersuchungen über Schülervorstellungen gestützt. Auch mit Befunden von psycholinguistischer Seite korrelieren die Ergebnisse gut. Die Alltagstheorie ("folk model"; "folk theory"), wie sie von dem Linguisten Lakoff (1987, 128 f.) formuliert wurde, entspricht weitgehend dem, was hier unter dem Alltäglichen Realismus zusammengefaßt wurde. Hinweise auf lebensweltliche Konzepte finden sich auch in modernen wissenschaftlichen Darstellungen. Leo Peichl (1992, 47 f.) schreibt: "Jedes Neuron hat einen definierten "Einzugsbereich", das rezeptive Feld.

Dies ist der Ausschnitt des Gesichtsfeldes, auf den die einzelne Zelle durch die Augenoptik "schaut". Obwohl die Anführungszeichen eine Distanz des Autors zu dieser Beschreibung erkennen lassen, werden hier zwei lebensweltliche Konzepte deutlich: Erstens das Okuläre Sehen, wenn das Auge oder dessen Zelle schaut und zweitens die Extrospektion, wenn durch die Augenoptik nach außen geschaut wird. Beide Konzepte werden auch bei Semir Zeki (1994, 23) in einer Abbildung, deren Bildunterschrift und im Text deutlich. Es sind Pfeile vom Auge nach außen auf das Gesichtsfeld gerichtet und das Auge "sieht". Auch in einem Taschenatlas der Physiologie (Silbernagel & Despopoulos 1983,

310) heißt es: "Als Gesichtsfeld bezeichnet man den Ausschnitt der Umwelt, den ein unbewegtes Auge bei fixiertem Kopf sieht." Hier handelt es sich um das Konzept des Okulären Sehens. Auch ich habe als Autor in einem fachdidaktischen Artikel zum mikroskopischen Sehen und Zeichnen nicht gerade mit vollem Durchblick empfohlen: "Durch das Mikroskop hindurch sehen" (Gropengießer 1987, 48).

Die Kategorien für Schülervorstellungen zum Sehen können im Unterricht genutzt werden, um Vorstellungen der Lerner zu erfassen. Sie führen auch zu Konsequenzen für Unterricht: Ziel: Zweisprachigkeit. Wenn selbst ein Neurobiologe im fachwissenschaftlichen Kontext einen Pfeil vom Auge auf den Gegenstand zeichnet, dann wird sofort klar, daß es offensichtlich nicht genügt, über weit mehr Wissen zum Sehen zu verfügen, als Schüler jemals zu diesem Gebiet haben. Wissen allein genügt nicht. Es bedarf der metakognitiven Einsicht, daß es hier zwei Denkfiguren - Evidenz und Instruktion - gibt, die jeweils in bestimmten Kontexten erfolgreich eingesetzt werden können. Alltagsvorstellungen sind in lebensweltlichen Situationen in vielen Fällen ausreichend und erfolgreich. Wird isoliert eine physikalische und physiologische Theorie gelehrt, ohne Beziehung zur lebensweltlichen Erfahrung des Sehens und zur Denkfigur der Evidenz, dann werden fachliche Vorstellungen entweder einfach neben den Alltagskonzepten gebraucht oder so modifiziert, daß sie einigermaßen in die Alltagstheorien hineinpassen. So lassen sich beispielsweise holistische Verständnisse der Bildentstehung (s. Tab. 5) als Versuch begreifen, in eine abstrakte physikalische Theorie der Bildentstehung Sinn hineinzutragen. Das Konzept des Begrifflichen Sehens verformt hier das physikalische Konzept. Metaphorisch gesprochen sollte das Ziel des Unterrichts deshalb das Erlernen einer zweiten, wissenschaftlicheren Sprech- und Denkweise sein.

Vorstellungen zum Sehen bewußtmachen. Die Erfahrungen und Vorstellungen zum Sehen sollen hervorgehoben und explizit gemacht werden.

Dadurch kann die Dichotomie im Denken der Schüler begrifflich faßbar und benennbar werden. Gut geeignet sind Erhebungsverfahren wie Kartenabfrage oder Zeichnungen, wie sie auch für die Erhebung genutzt wurden (vgl. Gropengießer, 1996, 12). Die Schüler werden z. B. aufgefordert, ein Bild zu zeichnen oder aber eine vorgegebene Zeichnung zu ergänzen, die darstellen soll, wie Sehen funktioniert. Die Vielfalt der Verständnisse wird bei dieser durchaus unterhaltsamen Gruppenaktivität deutlich. An solchen Zeichnungen läßt sich auch der Wandel und Wechsel von Vorstellungen veranschaulichen und dokumentieren, wenn vor, während und am Ende der Unterrichtseinheit gezeichnet wird. Die Aufmerksamkeit gegenüber Vorstellungen und deren Veränderungen ist auch ein erster Schritt hin zu einer eigenverantwortlichen Lernprozeßsteuerung.

Vorstellungen zum Sehen in Konflikt bringen. Schon die Zeichnungen oder andere Erhebungsverfahren werden widersprüchliche Vorstellungen ans Licht gebracht haben. Die markierten drei Brüche in den Vorstellungen der Schüler können als Such- und Ordnungsraster dienen bzw. ergänzend eingeführt werden.

Eine neue Sicht des Sehens oder Umdeuten bekannter Vorstellungen und Erfahrungen. Die lebensweltliche Erfahrung des Sehens mit der Denkfigur der Evidenz und den Konzepten der Extrospektion und dem Bild vor Augen (s. Tab. 4) kann als Leistung des Organs Gehirn verstanden werden. Sehen ist dann ein vom Gehirn hervorgebrachtes kognitives Ereignis und Erlebnis. Gesehen werden vom realen Gehirn konstruierte phänomenale Gegenstände, die kognitiv dem "Draußen" zugeordnet werden. Das lebensweltliche Konzept des Sehens, das Gucken und Hinschauen, erhält hier seinen Platz im Unterricht. Den lebensweltlichen Vorstellungen zum Sehen wird damit neuer Sinn im Rahmen einer wissenschaftlichen Sehtheorie gegeben, genauso wie Vorstellungen der konstruktivistischen Sehtheorie in alltäglichen Zusammenhängen Sinn machen. Welche Farbe hat die Welt? Entsprechend der Denkfigur des epistemolo-

gischen Realismus werden die Dinge so gesehen, wie sie sind. Diese Selbstverständlichkeit des epistemologischen Realismus soll experimentell im Zusammenhang mit der Farbwahrnehmung erschüttert werden. Zunächst lassen sich hier Reize (elektromagnetische Strahlung verschiedener Wellenlänge in unterschiedlichen Intensitäten) und Wahrnehmungen (Farben) unterscheiden. Am Beispiel der Farbwahrnehmung läßt sich zeigen, daß die Farben nicht eindeutig und nicht ausschließlich mit irgendeiner Anordnung der Wellenlänge oder anderer physikalischer Parameter - also der Reize - korreliert werden können (Maturana, 1985, 115). Farben haben keine direkte Entsprechung in der Außenwelt, sie sind vielmehr Konstrukte des Gehirns - äußerst nützlich und zuweilen sogar ästhetisch.

Farben sind der Welt nicht entnommen, wir wenden diese Konstrukte auf die Welt an; dies geschieht aber keineswegs willkürlich in dem Sinne, daß wir wählen könnten, in welcher Farbe wir eine Fläche bei unveränderten Bedingungen sehen möchten. Versuche zur additiven Farbmischung, mit einem Farbkreis, mit farbigen Schatten, zum simultanen Farbkontrast, mit farbigen Nachbildern oder mit musterinduzierten Flimmerfarben (Campenhausen 1981, 106 f. u. 165) können im Hinblick auf den mehrdeutigen Zusammenhang zwischen Farbsehen und Reiz ausgewertet werden.

Sehen als Handlung und eigene Leistung. In lebensweltlichen Zusammenhängen wird Sehen als aktiv und intentional verstanden. In wissenschaftlichen Werken wird der Mensch oft nur (als auf Reize) reagierend dargestellt. Dies vermittelt ein falsches Bild, denn Menschen und viele Tiere suchen aktiv neue Erlebnisse und Erfahrungen. Sehen sollte - wie das lebensweltliche Konzept es nahelegt - als absichtsvolle Handlung vermittelt werden; die eigene Aktivität und Leistung sollten betont werden. So kann durch einfache Experimente die Beteiligung der Augenmotorik am Sehen deutlich werden. Kompliziertere Versuche zeigen: Völlig ohne Bewegung ist kein Sehen mehr möglich, bei der Fixations-

blindheit versinkt alles im Grau (vgl. Ditchburn & Ginsborg, 1952). Bewegung führt zum Sehen, und Sehen führt zu Blickbewegungen, Irisbewegungen und Akkommodation, aber auch zu Lid- oder Kopfbewegungen. Dies führt dann wieder zu neuem Sehen.

Mit anderen Augen sehen. Im Rahmen des Alltäglichen Realismus wird vorausgesetzt, daß die Existenz der Dinge unabhängig vom Sehen ist (ontologischer Realismus) und die Dinge so gesehen werden, wie sie sind (epistemologischer Realismus). Ein Vergleich von Photosensoren verschiedener Arten kann die eigenen Wahrnehmungsmöglichkeiten relativieren. Die begrenzten Wahrnehmungsmöglichkeiten anderer Arten sind - eventuell durch Ergebnisse von Ausschaltversuchen - noch leicht einsehbar, aber daß auch die menschlichen Möglichkeiten begrenzt sind, ist schon schwieriger zu akzeptieren.

Disziplinäre Unterscheidungen. Das Wort "Sehen" kann für Schüler sehr unterschiedliche Bedeutungen haben. In ähnlicher Weise bezeichnen die Fachwörter, mit denen Sehen beschrieben und erklärt wird, Begriffe aus höchst unterschiedlichen alltäglichen, künstlerischen, wissenschaftlichen und philosophischen Zusammenhängen. Es ist deshalb notwendig, die Bedeutung dieses Schlüsselwortes in verschiedenen Kontexten immer wieder auszuhandeln. Als Voraussetzung für ein besseres Verständnis sind die Fachwörter explizit oder klar kontextuell der Physik, Biologie, Psychologie oder Erkenntnistheorie zuzuordnen. Wird dies unterlassen, ist dies selbst in fachwissenschaftlichen Darstellungen eine Quelle der Verwirrung und der Verwechslung der Kategorie. So kann z. B. das Wort "Farbe" sowohl einen chemischen (Stoff), einen physikalischen (elektromagnetische Strahlung bestimmter Wellenlänge), aber auch einen kognitiven Begriff (mentales Seherlebnis, Konstrukt) bezeichnen. Es sollte präzise benannt werden oder eindeutig aus dem Kontext hervorgehen, welche Ebene gemeint ist. Interdisziplinäre Sicht des Sehens. Sehen wird ganzheitlich erlebt. Rein biologische Aussagen allein helfen beim Verstehen nur begrenzt. Erst eine interdisziplinäre Sicht des

Themas Sehen führt zu einem tieferen Verständnis. Erkenntnistheoretische, psychologische, neuro- und sinnesphysiologische, optische und wissenschaftshistorische Aspekte müssen zu einem sinnvollen Bild zusammengefügt werden. Dies kann im Biologieunterricht der Oberstufe geschehen oder besser in projektartiger fachübergreifender Planung und Zusammenarbeit. Die Fächer Biologie, Physik, Chemie, Philosophie, Geschichte und Kunst können dazu ihre Beiträge leisten.

## 6. Nachdenklicher Schluß

In einem Seminar zu Schülervorstellungen im Biologieunterricht wird die Dichotomie zwischen fachlichem Wissen und lebensweltlichen Vorstellungen thematisiert. Eine Studentin fragt skeptisch: "Was soll der Unterschied zwischen meinem Wissen und meinen Vorstellungen sein?"

Nach einer kurzen Pause: "Ach so - wenn Galileo Galilei zu seinem Kutscher sagt, wir fahren, wenn die Sonne aufgeht. Oder wenn ich die Vorstellung habe, daß beim Sehen etwas von meinen Augen ausgeht und ich gleichzeitig weiß, daß Licht in mein Auge fällt."

Ob diese Studentin zukünftig überzeugt ist, daß ihr Wissen und Vorstellungen disparat sein können?

Vermutlich hat sie wie ich eine lebensweltliche Vorstellung darüber, wie unser Denken organisiert ist: einheitlich zumeist und nur in ungemütlichen Ausnahmefällen widersprüchlich.

Viel wäre erreicht, wenn sie in professionellen Situationen die Dichotomie zwischen lebensweltlichen und wissenschaftsorientierten Vorstellungen bei ihren Schülern und bei sich selbst wahrnehmen und für das Lernen fruchtbar machen könnte.

## Literatur

Andersson, B. & Kärrqvist C. (1983). How Swedish Pupils, aged 12-15 years, understand light and its properties. *European Journal of Science Education* 5, 387-402.

- Campenhausen, C. v. (1981). *Die Sinne des Menschen*. Thieme, Stuttgart.
- Davidson, D. (1991). Subjektiv, Intersubjektiv, Objektiv. *Merkur* 45, Heft 11, 999-1014.
- Ditchburn, R. W. & Ginsborg, B. L. (1952). Vision with a Stabilized Retinal Image. *Nature* Vol. 170, 36-37.
- Flick, U. (1995). *Qualitative Forschung*. Rowohlt, Reinbek bei Hamburg.
- Galili, I., Bendall, S. & Goldberg, F. (1993). The Effects of Prior Knowledge and Instruction on Understanding Image Formation. *Journal of Research in Science Teaching* 30, 271-301.
- Gropengießer, H. (1987). Mikroskopisches Sehen und Zeichnen. *Unterricht Biologie* 11, H. 129, 48-50.
- Gropengießer, H. (1996). Die Bilder im Kopf. In: Bambach, H. u. a. (Hrsg.), *Prüfen und Beurteilen*. Friedrich, Seelze (Friedrich Jahresheft XIV), 11-13.
- Gropengießer, H. & Kattmann, U. (1993). Didaktische Rekonstruktion zentraler biologischer Begriffe am Beispiel "Sehen", In: Kühnemund, H. & Frey, H. D. (Hrsg.), *Lebenswirklichkeit und Wissenschaft I. Arbeitsberichte Naturwissenschaften* 15. DIFF, Tübingen.
- Gropengießer, H. & Kattmann, U. (1994). Konzepte zur visuellen Perzeption: Schülervorstellungen zum Sehen: In: Bayrhuber, H. u. a. (Hrsg.), *Interdisziplinäre Themenbereiche und Projekte im Biologieunterricht*. IPN, Kiel.
- Guesne, E. (1984). Die Vorstellungen von Kindern über Licht. *physica didactica* 11, 79-98.
- Guesne, E. (1992). Light. In: Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (Eds.), *Children's Ideas in Science*. Open University Press, Milton Keynes.
- Huber, G. L. & Mandl, H. (1982). *Verbale Daten*. Beltz, Weinheim u. Basel.
- Jung, W. (1981). Ergebnisse einer Optik-Erhebung. *physica didactica* 8, 19-34.
- Jung, W. (1982). Fallstudien zur Optik. *physica didactica* 9, 199-220.
- Kärrqvist, C. (1983). How Swedish Pupils, age 12-15, understand Light and its Properties. In: Helm, H. & Novak, J. D. (Eds.), *Proceedings of the International Seminar on "Misconceptions in Science and Mathematics"*. Corell University, Ithaca. N. Y.
- Kattmann, U. (1992). Originalarbeiten als Quellen didaktischer Rekonstruktion. *Unterricht Biologie* 16 (174), 46-49.
- Kattmann, U. (1994). Wozu Biologiedidaktik? Möglichkeiten einer praktischen Wissenschaft.

- In: Kattmann, U. (Hrsg.), *Biologiedidaktik in der Praxis*. Aulis, Köln, 9-23.
- Kattmann, U. & Gropengießer, H. (1996). Modellierung der didaktischen Rekonstruktion. In: Duit, R. & Rhöneck, C. v. (Hrsg.), *Lernen in den Naturwissenschaften*. IPN, Kiel.
- Lakoff, G. (1987). *Women, Fire and Dangerous Things. What Categories Reveal about the Mind*. The University of Chicago Press, Chicago and London.
- Lamnek, S. (1989). *Qualitative Sozialforschung*. Bd. 2. Psychologie Verlags Union, München.
- Lijnse, P. L. (1995). "Developmental Research" As a Way to an Empirically Based "Didactical Structure" of Science. *Science Education* 79, 189-199.
- Maturana, H. R. (1985). *Erkennen: Die Organisation und Verkörperung von Wirklichkeit*. Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden.
- Mayring, P. (1990a). *Einführung in die qualitative Sozialforschung*. Psychologie Verlags Union, München.
- Mayring, P. (1990b). *Qualitative Inhaltsanalyse*. Deutscher Studien Verlag, Weinheim.
- Osborne, J. F. et al. (1993). Young children's (7-11) ideas about light and their development. *International Journal of Science Education* 15, 83-93.
- Peichl, L. (1992). Prinzipien der Bildverarbeitung in der Retina der Säugetiere. *Biologie in unserer Zeit* 22, 45-53.
- Pfundt, H. & Duit, R. (1994). *Bibliographie, Alltagsvorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht*. IPN, Kiel, 4. Auflage.
- Piaget, J. (1992). *Das Weltbild des Kindes*. dtv, München.
- Reiner, M. (1992). Patterns of thought on light, and underlying commitments. In: Duit, R., Goldberg, F. & Niedderer, H. (Eds.), *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*. IPN, Kiel, 99-109.
- Rice, K. & Feher, E. (1987). Pinholes and Images: Children's Conceptions of Light and Vision. I. *Science Education* 71, 629-639.
- Schütze, F. u. a. (1973). Grundlagentheoretische Voraussetzungen methodisch kontrollierten Fremdverstehens. In: Arbeitsgruppe Bielefelder Soziologen (Hrsg.), *Alltagswissen, Interaktion und gesellschaftliche Wirklichkeit*. Rowohlt, Reinbek bei Hamburg.
- Selley, N. J. (1996a). Children's ideas on light and vision. *International Journal of Science Education* 18, 713-723.
- Selley, N. J. (1996b). Towards a phenomenography of light and vision. *International Journal of Science Education* 18, 837-846.
- Silbernagel, S. & Despopoulos, A. (1983). *Taschenatlas der Physiologie*. Thieme, Stuttgart.
- Whitworth, G. & Millar, R. (1994). How do we see? Teaching children the scientific model of vision. *School Science Report* 76, 113-116.
- Zeki, S. (1993). *A Vision of the Brain*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Dr. Harald Gropengießer ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Arbeitsgruppe für Didaktik der Biologie der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Dr. Harald Gropengießer  
Carl von Ossietzky Universität  
Arbeitsgruppe für Didaktik der Biologie  
Postfach 25 03  
26111 Oldenburg