



## Wie arbeiten Schüler in den naturwissenschaftlichen Fächern?

### Lernforschung in der Schule und im Schülerlabor Biologie als Grundlage zukünftiger Schulentwicklung

*Von Hans-Peter Ziemek, Jürgen Mayer und Karlheinz Keiner*

Wissenschaftsmethodische Kompetenzen und ein wissenschaftstheoretisches Verständnis der Naturwissenschaften sind Teil einer naturwissenschaftlichen Bildung. Ob Schülerinnen und Schüler diese Kompetenzen bis zum Ende ihrer Schullaufbahn überhaupt entwickeln ist aber weitgehend unbekannt. Am Institut für Biologie-didaktik arbeitet seit 2001 die Arbeitsgruppe „Wissenschaftliche Arbeitsweisen im Biologieunterricht“ an dem Ziel, aus der Sicht der Fachdidaktik Biologie grundlegende Variablen des naturwissenschaftlichen Arbeitsprozesses bei Schülern zu identifizieren, modellhaft abzubilden und theoretisch zu fassen. Ein wichtiges Instrument war dabei – neben der Feldforschung – die Einrichtung eines Schüler-Labors zur Erforschung von Schülergruppen unter standardisierten Bedingungen.

In der Diskussion um das schlechte Abschneiden deutscher Schülerinnen und Schüler bei der PISA-Studie wurden auch die Defizite in der naturwissenschaftlichen Grundbildung deutlich. Obwohl dieser Themenschwerpunkt erst bei der dritten Erhebungswelle 2006 genauer erhoben wird, wird schon jetzt eine intensive Diskussion um die Konsequenzen für den naturwissenschaftlichen Unterricht geführt.

Die PISA-Studie geht dabei vom Konzept einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (Scientific Literacy) aus. Danach sollen Menschen durch ihre (naturwissenschaftliche) Schulausbildung auf der Grundlage naturwissenschaftlichen Wissens gültige Schlussfolgerungen ziehen und Hypothesen entwickeln, um Phänomene der natürlichen Umwelt und ihrer Veränderung, die durch menschliches

Handeln herbeigeführt werden, zu verstehen oder Entscheidungen bezüglich dieser zu erleichtern (Mayer 2002).

Diesem Prozessaspekt der naturwissenschaftlichen Bildung wird aber in deutschen Curricula bisher im Vergleich zu Fachinhalten weniger Bedeutung zugemessen. Gefordert sind daher grundlegende Forschungsdaten zu Denk- und Arbeitsstrukturen von Schülern, aber auch kurzfristig sinnvolle und praktikable Handreichungen für Studierende und Lehrer.

#### Die theoretischen Grundlagen des Problemlösens

Die lernpsychologische Modellierung des Prozessdenkens basiert auf der Beschreibung als Problemlöseprozess. Damit sind zentrale Determinanten, die die Güte der

Problemlösung bestimmen: deklaratives und prozedurales Wissen, motivationale Merkmale (z.B. Interesse) sowie Personenmerkmale (z.B. Intelligenz).

Hinsichtlich des Lehr/Lernprozesses basiert das Konzept auf der konstruktivistischen Lerntheorie. Dies bedeutet, dass der Aktivität und Eigenständigkeit der Lernenden, dem sozial-konstruktiven Einfluss der Lerngruppe, sowie der Authentizität der Lernumgebung eine besondere Bedeutung beigegeben wird.

Für die Arbeit in solchen Lernumgebungen geht die Gießener Arbeitsgruppe von einem zielorientierten Prozess aus, der unterschiedliche Phasen durchläuft. Dieser Prozess verläuft individuell und in der Gruppe dynamisch. Der Lernprozess des Individuums wird in diesem Zusammenhang als Veränderung während der Teilnahme an den Aktivitäten von Wissensgemeinschaften beschrieben („Situated Cognition“).

#### Die Forschungsfragen

Die bisherige Forschungsarbeit war bestimmt von der Erhebung grundlegender Daten über die Arbeitsweisen von Schülern in einer naturwissenschaftlichen Lernumgebung. Daneben stand aber schon bald die Planung von Unterrichtssequenzen, deren praktische Erprobung und die Umsetzung der Erfahrungen im Rahmen von Lehrveranstaltungen und Lehrerfortbildungen im Fokus des Interesses. Insbesondere sollten bisher folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

- Wie gehen Schülerinnen und Schüler in Kleingruppen ohne Instruktion bei der Untersuchung eines biologischen Phänomens vor?
- Wie arbeiten Schülerinnen und Schüler in entsprechend geplanten integrierten Kursen „Naturwissenschaften“ nach der Einübung der



Schüler eines Leistungskurses Biologie, Stufe 13 eines Gymnasiums in Dillenburg beobachten Buntbarsche im Schülerlabor Biologie im Rahmen des Halbjahresthemas „Verhaltensbiologie“



Jürgen Mayer, Jahrgang 1954, Berufsausbildung und -tätigkeit, Studium der Biologie, Chemie, Philosophie und Pädagogik in Göttingen und Kiel. Diplom in Biologie sowie I. und II. Staatsexamen für das Lehramt an Gymnasien (Biologie, Chemie). 1991 Promotion an der Universität Kiel. 1990 bis 1998 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel. 1999 Berufung zum Professor für Biologiedidaktik an der Universität Gießen. Forschungsschwerpunkte sind Wissenschaftliches Arbeiten im Biologieunterricht, Umweltbildung und Umwelthandeln, Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht.



Schüler eines Leistungskurses Biologie, Stufe 12, der Ricarda-Huch-Schule in Gießen führen eine Gel-Elektrophorese im Schülerlabor Biologie am Institut für Biologiedidaktik der JLU durch. Während der Arbeit werden Sie mit einer Videokamera gefilmt.



naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsformen in einer speziell gestalteten Lernumgebung?

### Das Schüler-Labor Biologie

Ein wichtiges Element der Forschungsarbeit am Institut für Biologiedidaktik ist das Schüler-Labor Biologie. Da die Lernforschung im Schulunterricht standardisiert nur sehr schwierig durchführbar ist, sollte mit einem Labor in der Hochschule eine geeignete Lern- und Forschungsumgebung geschaffen

werden. Im April 2002 wurde daher das Schüler-Labor Biologie an der Universität Gießen eröffnet. Es war das erste Schülerlabor an der Justus-Liebig-Universität und ist zusammen mit dem Science Forum in Siegen das bundesweit einzige von Fachdidaktikern betriebene Schülerlabor an einer Hochschule.

In einem Laborraum im Institut für Biologiedidaktik können Schülergruppen, Lehrer und Lehramtsstudierende zu verschiedenen Themenbereichen der Biologie Beobachtungen und Untersuchungen durchführen. Die Besucher des Labors sollen an interessanten biologischen Phänomenen ihr naturwissenschaftliches Denken und Handeln erproben und dabei über die Fragestellung und Hypothesenformulierung alle weiteren Schritte des wissenschaftlichen Arbeitens im Biologieunterricht bis zur Auswertung, Deutung und Diskussion der Ergebnisse erarbeiten.

Bei der Arbeit der Gruppen geht es neben den fachlichen Ergebnissen besonders um die Art der Her-

angehensweise der Schülerinnen und Schüler an die gestellte Problematik. Dazu werden die Schüler im Labor nicht mit vorgefertigten Experimenten konfrontiert, die sie „nachkochen“ sollen. Stattdessen beobachten sie Naturphänomene, die sie zuerst nur möglichst detailliert wahrnehmen sollen. Anschließend werden sie im Rahmen des Konzeptes eines forschenden Unterrichtes auf den weiteren Schritten des wissenschaftlichen Problemlösens begleitet. Im Rahmen des Forschungsansatzes werden zusätzlich bei einem Teil der Schülergruppen die Arbeitsformen mit Video-Kameras dokumentiert und ihre Herangehensweise an wissenschaftliche Phänomene evaluiert.

### Das Gießener Kooperationsnetz Universität und Schule

Die Forschungsarbeit kann sich aber auch auf vielfältige Kooperationen mit Schulen der Region stüt-

JUSTUS-LIEBIG-  
UNIVERSITÄT  
GIESSEN

Prof. Dr. Jürgen Mayer

Institut für Biologiedidaktik  
Karl-Glückner-Str. 21, Haus C  
35 394 Gießen  
Tel: 0641/99-35500 und 99-35501  
Fax: 0641/99-35509  
E-Mail: juergen.mayer@didaktik.bio.uni-giessen.de



Hans-Peter Ziemek, Jahrgang 1960, Biologe, Promotion zum Dr. rer. nat. 1991 im Institut für Pflanzenökologie der Justus-Liebig-Universität (JLU) Gießen, zehn Jahre Abteilungsleiter in der Naturschutzakademie Hessen, seit 2001 Studienrat im Hochschuldienst im Institut für Biologiedidaktik der Universität Gießen. In seiner Forschungsarbeit beschäftigt er sich mit den Arbeitsweisen von Schülerinnen und Schülern in Kleingruppensituationen. Er leitet das Schülerlabor Biologie der JLU.

zen. Im Rahmen des vom Förderfonds der Universität unterstützten Kooperationsnetzes konnten diese Kontakte zu einem ständigen Informations- und Methodenaustausch weiterentwickelt werden. Fach- und Hochschulinformationstage, Lehrerfortbildungen sind hier Teile des Serviceangebotes der Universität für Schulen. Darüber hinaus konnten aber auch Partner gewonnen werden, um im Unterricht Forschungsprojekte zu betreiben. So findet in der Eichendorff-Schule in Wetzlar seit zwei Jahren ein nach den Vorgaben der Arbeitsgruppe geplanter Wahlpflichtkurs „Naturwissenschaften“ statt.

### Die Forschungsmethode im Labor

Für die Untersuchung der ersten Forschungsfrage wurden unter anderem Schülerinnen und Schüler eines Oberstufen-Leistungskurses Biologie beim Bearbeiten einer wissenschaftlichen Fragestellung unter standardisierten Bedingungen in drei Kleingruppen mit jeweils vier bis fünf Personen videographiert. Dabei handelte es sich um die Beobachtung von Schneckenbuntbarschen (*Lamprologus ocellatus*) in einem Aquarium. Diese Art zeichnet sich durch eine enge Bindung an ein leeres Schneckengehäuse aus. Die mit den verschiedenen

Elementen des Schneckenbarsch-Ethogramms verbundenen Verhaltensweisen sind dabei nach dem Einsetzen von Schneckenbarschen in ein geeignetes Aquarium jederzeit zu beobachten (Ziemek 2004). Mit dem „Beobachten“ wurde eine der spezifischen Techniken in der Biologie ausgewählt. Eine Instruktion über die zu lösende Aufgabe erfolgte nur kurz, eine Lösungsstrategie wurde nicht vorgegeben.

Die Auswertung der Videodaten erfolgte mit einer Kombination aus qualitativer inhaltsanalytischer und quantitativer Methode. In einem ersten Kodierdurchgang wurden Transkripte erstellt, aus denen Kategorien für die weitere qualitative und quantitative Auswertung abgeleitet wurden.

### Die Forschungsmethode in der Schule

Für die Beantwortung der zweiten Forschungsfrage wurden Beobachtungen in einem Wahlpflichtkurs „Naturwissenschaften“ der Klassenstufen 9 und 10 einer kooperativen Gesamtschule durchgeführt. Angekündigtes Ziel des auf ein Schuljahr angelegten Kurses war es zu lernen, „ähnlich wie ein Naturwissenschaftler“ zu arbeiten. Im Mittelpunkt des Kurses sollten praktische Übungen aus allen Na-

turwissenschaften stehen.

Beobachtungssituationen waren speziell konzipierte Schülergruppen-Forschungsplätze. Hier können Schülerinnen und Schüler ohne Lehrerlenkung mit Hilfe von bereit gestellten Materialien eine wissenschaftliche Fragestellung weitestgehend selbstständig bearbeiten. Um die Schülersicht auf das Problem zu erfassen, wurde die so genannte „ethnographische Untersuchungsmethode“ nach Roth (1995) angewandt. Diese explizit subjektive Methode zielt darauf ab, dass sich die Untersucher mit der Zeit sozusagen in die Schülerinnen und Schüler hineinversetzen. Die Arbeit der Schülergruppen wird sowohl durch Audioaufnahmen dokumentiert, als auch von jeweils einem Beobachter verfolgt.

### Ergebnis 1: Schülerinnen und Schüler der Oberstufe arbeiten nicht wie Wissenschaftler

Die Auswertung der Videos zeigt, dass in allen Altersstufen Beobachtungen und Vermutungen nicht mit wissenschaftlichen Fragestellungen und Versuchsplanungen verbunden werden. Vielmehr werden biologische Phänomene „alltagstauglich gemacht“ und mit der persönlichen Welt in Einklang gebracht.

Jeder Schüler produziert in seiner Gruppe Beiträge zu einem naturwissenschaftlichen Problem entsprechend seinem Vorwissen und seinen Einstellungen. Die Ausprägung und die Komplexität der Beiträge des einzelnen Individuums werden aber vom sozialen Kontext (der Wissensgemeinschaft) zumindest mitbestimmt.

Für die Unterrichtspraxis lässt sich daraus ableiten, dass eine Instruktion höchst unterschiedlich verarbeitet wird und es ohne genaue Kenntnis der Schülerpersönlichkeiten und der Dynamik der jeweiligen Kleingruppen nicht planbar ist, wie Schülerinnen und Schüler mit der Instruktion umgehen oder was die Instruktion im sozialen Kontext der jeweiligen Lerngruppe bewirkt.



Schülerinnen einer achten Klasse der Ricarda-Huch-Schule in Gießen beobachten im Medienzentrum der JLU Schneckenbuntbarsche. Ihre Gruppenarbeit wird gefilmt und bietet die Grundlage für umfangreiche Analysen.



Karlheinz Keiner, Jahrgang 1958, Biologielehrer seit 1985, Promotion zum Dr. rer.nat. 1991 im Institut für Biochemie und Endokrinologie am Fachbereich Veterinärmedizin der Justus-Liebig-Universität (JLU) Gießen, seit 2001 Pädagogischer Mitarbeiter am Institut für Biologiedidaktik der JLU. Er beschäftigt sich mit Denk- und Arbeitsweisen von Schülerinnen und Schülern beim Umgang mit naturwissenschaftlichen Methoden im Unterricht.

Transkriptausschnitt Schülerin, Leistungskurs, Stufe 13:

„Fisch Nummer eins will jetzt beide haben, was für ein Geizkragen, ist ja unglaublich, (...) nein, musst mal gucken, der will beide haben. (...) Also, Fisch Eins verteidigt beide Schneckenhäuser.“

Nachfragen zeigen, dass die betreffenden Schüler im Rahmen ihres Leistungskursthemas das Fachvokabular einer klassisch ausgerichteten Ethologie beherrschen und in Unterrichtssituationen und Klausuren auch verwenden. In der Beobachtungssituation im Schülerlabor Biologie werden die vorhandenen Wissensstrukturen aber nur von wenigen Schülern in die Gruppendiskussion eingebracht.

Transkriptausschnitt Schülerin, Leistungskurs, Stufe 13:

„Also das mit dem Aufplustern (gemeint: Abspreizen der Flossen zur Vergrößerung des Körperumrisses), das ist ja ne typische Reaktion. Wie haben wir das denn im Unterricht genannt, ich glaub Schlüsselreiz oder so, weil das zeigt er grundsätzlich, wenn ein anderer Fisch dazukommt.“

Typisch ist dann aber auch, dass in der Gruppe eine solche Äußerung nicht aufgenommen wird, sondern sofort andere Aspekte des beobachteten Verhaltens eine Rolle spielen. Deutlich wird weiterhin, dass soziale Kontexte in der „Wissensgemeinschaft“ den Erkenntnisprozess des einzelnen Schülers überlagern. Die Wechselwirkungen in der

Gruppe sind dabei im höchsten Maß dynamisch. Die Schüler arbeiten außerdem nicht systematisch auf ein Ziel hin, sondern es gibt einen ständigen Wechsel der Themen und der Intensität ihrer Diskussion. Die Beobachtungen und Erklärungen werden dabei nicht mit wissenschaftlichen Fragestellungen und Versuchsplanungen verbunden, sondern aus der Alltagserfahrung und der Sichtweise der Schüler formuliert. Insgesamt zeigt sich, dass die Gruppendynamik den logischen Erkenntnisprozess einzelner Schülerinnen und Schüler oder der Gruppe überlagert.

## Ergebnis 2: Schüler sind Pragmatiker

In den meisten ausgewerteten Transkripten versuchen die Schülerinnen und Schüler kurze, pragmatische Lösungen zu entwickeln. Es ist oft zu beobachten, dass Schülergruppen ihre Ergebnisse „glätten“ oder an die Ergebnisse anderer Gruppen anpassen.

Am Schülergruppen-Forschungsplatz „Cola“ bearbeiteten die Schüler z.B. die Fragestellung: „Wieviel Süßstofftabletten enthält Cola light?“

Schüler eines Wahlpflichtkurses Kl.9./10. der Eichendorff-Schule in Wetzlar führen Untersuchungen zum Zuckergehalt und zum Geschmack verschiedener Cola-Sorten durch.





Schülerinnen einer 6. Klasse der Liebig-Schule in Gießen beobachten Fische im Schülerlabor Biologie. (Foto: Sandra Hof, alle anderen Fotos: Hans-Peter Ziemek)

Ein Transkriptausschnitt beschreibt die typischen Vorgehensweisen und Argumentationen der Schüler.

S 1: „33 Würfel Zucker befinden sich in Cola und wie viele befinden sich in Cola light?

S2: Die Hälfte, oder?

S1: Nein, doppelt. Die sind kleiner,

S 2: Ist ja auch süßer, die Coca Cola light.

S3: Die können vielleicht auch mehr tun, weil die kleiner sind.

S2: Also ist jetzt in Coca Cola light auch 33 Süßstoff drin.

L: Ihr könnt es ja noch mal ausprobieren, was ihr überlegt habt. Ihr habt ja hier noch Sachen da.

S 3: Kann man das auch ins Wasser tun?

S2: (probiert) Igitt!

S1: Ist süßer?

S2: Ja.

S1: Okay, dann ist Süßstoff süßer als.....Eh, guck mal, dann brauchen sie weniger Süßstoff, dann Hälfte, weil das süßer ist.

S3: Ja, richtig.

S1: Hab ich doch schon vorher gesagt. 16,5!“

Die Schüler versuchen, durch Überlegung das Problem zu lösen. Eine praktische Überprüfung wird nicht

diskutiert. Abschließend wird ein „Mittelwert“ aus allen Argumenten gezogen.

Der quantitative Aspekt wird weitgehend ausgeblendet. „Mehr“ bedeutet für die Schüler „doppelt“, weniger bedeutet die „Hälfte“.

Es zeigt sich auch die Wirkung eines Lehrerimpulses. Er gibt den Anreiz, durch eine praktische Erprobung in der Gruppendiskussion weiterzukommen. So kann auch einer verkürzten, rein pragmatischen Lösung entgegen gewirkt werden.

#### Folgerungen für den naturwissenschaftlichen Unterricht

Die bisherigen Untersuchungsergebnisse zeigen, dass offene Unterrichtssituationen besonders schwierige Situationen für die Schülerinnen und Schüler darstellen. Es ist aber prinzipiell möglich, wissenschaftliche Arbeitsweisen im Unterricht zu thematisieren und einzuüben. Neben der Entwicklung des selbstständigen Arbeitens erhalten die Schülerinnen und Schüler eine Vorstellung darüber, in welcher Weise wissenschaftliche Erkenntnisse gewonnen werden. Es hat sich weiterhin gezeigt, dass eine

alltagsnahe Herangehensweise sowie Impulse durch Lehrer oder Experten das Verständnis erleichtern. Aus diesem Grunde ist eine beratende Begleitung der Schülergruppen zu diskutieren, mit der Konsequenz, dass die Beobachter gleichzeitig eine Mentorenfunktion ausüben. Die sich in den einzelnen Gruppen ergebenden Rollenverteilungen sollten genau beobachtet werden, so dass eventuelle pädagogische Maßnahmen getroffen werden können.

Die hier dargestellten Studien sind ein Ausschnitt der umfangreichen Arbeit der Forschungsgruppe. Eine Reihe von Examensarbeiten der ersten und der zweiten Ausbildungsphase sowie Diplomarbeiten sind bisher entstanden. In Zukunft stehen dabei Interventionsstudien mit speziellen Zielgruppen (z. B. hochleistende und hochbegabte Schüler) im Mittelpunkt des Interesses.

#### Danksagung

Die Einrichtung und der Betrieb des Schüler-Labors Biologie wurden aus dem Förderfond der Justus-Liebig-Universität Gießen in den Jahren 2002 und 2003 finanziell unterstützt. Der Betrieb des Labors wird von folgenden Firmen unterstützt: TETRA (Melle), Hagen (Hamburg). Weiterhin kooperierte die Arbeitsgruppe bei der Durchführung der Video-Untersuchungen intensiv mit dem Medienreferat am Zentrum für interdisziplinäre Lehraufgaben der Universität. •

#### LITERATUR:

- Mayer, J. (2002): Biologieunterricht nach PISA. In: RAABE-Fachverlag (Hrsg.): Unterrichtsentwicklung nach PISA, 79-94. – Stuttgart.
- Ziemek, H.-P. (2004): Der Schneckenbarsch *Neolamprologus ocellatus* – ein Modellorganismus für den Biologie-Unterricht, MNU, Troisdorf