

Der notwendige Wandel im Lehren und Lernen von Naturwissenschaften im 20. Jahrhundert begründet sich auf Ergebnissen empirischer Untersuchungen, die dem naturwissenschaftlichen Unterricht mangelnde Effektivität und das Nichterreichen seiner Zielsetzungen nachweisen. Im vorliegenden Werk werden Vorschläge gemacht, die zur Bewältigung der Krise des Fachunterrichts in der Biologie, Chemie und Physik beitragen sollen. Im Vordergrund der derzeitigen Überlegungen stehen Konzepte, mit denen die stärkere Berücksichtigung von intuitiven Schülervorstellungen bzw. Präkonzepten einhergeht, um somit die zentrale Problematik der Motivation angemessen zu erfassen. Darüber hinaus wird die Bedeutung ethischer Erwägungen auch im naturwissenschaftlichen Unterricht zunehmen, da Verantwortung für die Umwelt das zukünftige Selbst- und Weltverständnis der Schülerinnen und Schüler in erheblichem Umfang prägen wird.

ISBN 3-89271-521-1



9 783892 715214

Schriftenreihe der Pädagogischen
Hochschule Heidelberg

Jäkel/Schallies/Venter/
Zimmermann (Hrsg.)

Der Wandel im Lehren und Lernen von Mathematik und Naturwissenschaften

Band II: Naturwissenschaften

Symposion '94
Pädagogische Hochschule Heidelberg
4. bis 7. Oktober 1994

DEUTSCHER
STUDIEN
VERLAG

Band II: Naturwissenschaften

- Driver, R. & Erickson, G.L. (1983). Theories - in - Action: Some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science. *Studies in Science Education*, 10, 37-60.
- Duit, R. (1992). Forschungen zur Bedeutung vorunterrichtlicher Vorstellungen für das Erlernen der Naturwissenschaften. In K. Riquarts et al. (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung in der Bundesrepublik Deutschland* (Band IV: Aktuelle Entwicklungen und Fachdidaktische Fragestellungen in der naturwissenschaftlichen Bildung, S.47-85). IPN Kiel.
- Eickhoff, A. (1993). *Untersuchungen zu Schülervorstellungen zur Thematik 'Energiefluß im Ökosystem'*. Unveröff. Staatsexamensarbeit Universität Bielefeld.
- Freinet, C. (1980). *Pädagogische Texte*. Reinbek.
- Gerhardt, A. (im Druck). Misconceptions-Forschung und ihre Bedeutung für den Biologieunterricht. In H. Bayrhuber & O. Grönke (Hrsg.), *Interdisziplinäre Themenbereiche im Biologieunterricht*. IPN Kiel
- Gerhardt, A. & Piepenbrock, C. (1990). Misconceptions im Fach Biologie bei Schülern der Sekundarstufe I - Möglichkeiten der Analyse. In W. Killermann & L. Staeck (Hrsg.), *Methoden des Biologieunterrichts* (S. 223-234). Köln.
- Gerhardt, A. & Piepenbrock, C. (1992). Untersuchungen zu Alltagsvorstellungen von Schülern im Biologieunterricht der Sekundarstufe I - Beispiel "Energie". In H. Entrich & L. Staeck (Hrsg.), *Sprache und Verstehen im Biologieunterricht* (S. 257-266). Alsbach.
- Gerhardt, A., Rasche, B. & Rusche, G. Vorstellungen von Schülern der Sekundarstufe I im Bereich der Biologie - Untersuchungen zu ausgewählten Themen. *Berichte des Institutes für Didaktik der Biologie*, 2, 63-75.
- Gerhardt, A., Piepenbrock, C. & Rusche, G. (im Druck). *Students' Misconceptions in Biological Subject Areas and Consequences in Teaching Biology* (Proceed. 3rd Intern. Sem. on "Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics"). Ithaca, Cornell University.
- Gropengießer, H. & Kattmann, V. (im Druck). Konzepte zur visuellen Perzeption. Schülervorstellungen zum Sehen. In H. Bayrhuber & O. Grönke (Hrsg.), *Interdisziplinäre Themenbereiche im Biologieunterricht*. IPN Kiel.
- Hedewig, R. (1988). Naturvorstellungen bei Schülern - Ergebnis einer Befragung von Schülern der Jahrgangsstufen 3-10 unterschiedlicher Schulformen. In R. Hedewig & W. Stichmann (Hrsg.), *Biologieunterricht und Ethik* (S. 212-229). Köln.
- Jäkel, L. (1991). Biologieunterricht und Alltagserfahrungen. *Biologie in der Schule*, 40, 192-195.
- Kayser, A. & Schäkel, L. (1986). *Kinder und Lehrer lernen: Freie Arbeit*. Frankfurt/M.
- Müller, W. (1989). Freie Arbeit - ein Weg zum Selbst-Werden und zu Selbsterfolg. In G. Stuffer (Hrsg.), *(K)eine besondere Schule* (S. 96-134). München.
- Pfundt, H. & Duit, R. (1991³). *Bibliography. Students' alternative frameworks and Science Education*. IPN Kiel.
- Schaefer, G. (1979). Concept Formation in Biology: The Concept 'Growth'. *European Journal of Science Education*, 10, 87-101.
- Schaefer, G. (1983a). Der Energiebegriff im ökologischen Kontext, *Praxis der Naturwissenschaften - Biologie*, 7, 197-201.
- Schaefer, G. (1983b). Der Begriff Ökosystem in den Köpfen von Schülern und Lehrern. *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie*, 11, 351-359.

Lissy Jäkel

Pädagogische Hochschule Heidelberg

Zum Verhältnis von Alltag und Biologieunterricht - Erkennen an Phänomenen

Summary

An biologischen Phänomenen wird exemplarisch untersucht, welche Erklärungsmächtigkeit Alltagsvorstellungen oder wissenschaftliche Vorstellungen für Schüler bzw. Schulabsolventen besitzen. Abgeleitet aus der Struktur des Alltags werden Besonderheiten des Alltagsbewußtseins und dessen Funktionen für Orientierung in dem in Situationen parzellierten Alltag kurz erläutert. Unter dem Aspekt der unterrichtlichen Umsetzung wird in der Suche nach einfachen, begreifbaren Experimenten oder Phänomenen ein Schwerpunkt biologiedidaktischen Arbeitens gesehen, um theoretische Erkenntnisse zum conceptual change und zur Alltagsorientiertheit, zum Umgang mit Misconceptions umzusetzen.

1. Phänomen Luftwurzel

Die aus Nordamerika stammende Sumpfpypresse (*Taxodium distichum*) ist ein geschätzter Parkbaum feuchter Standorte. Die Sumpfpypresse wird über 30m hoch, im Winter wirft sie ihre Nadeln ab.

Dem unvoreingenommenen Betrachter fallen aber rings um den Stamm eigentümliche Gebilde auf, bis 1m hohe senkrechte Triebe, sogenannte Wurzelknie. Viele Botaniker sind sich darin einig, daß diese Pneumatophoren einer verbesserten Versorgung der Wurzeln mit Luft dienen (Strasburger, 1978; Pokorny, 1986). Diese Atemknie werden auch nur bei Exemplaren in stehender Nässe ausgebildet.

Ein Längsschnitt durch ein solches Wurzelknie offenbart viele luftgefüllte Kammern und Gewebe, seine Struktur erinnert ein wenig an ein Wespennest.

Die Konfrontation mit diesem Phänomen in verschiedenen Situationen regte Probandengruppen (in arrangierten oder zufälligen) Fallstudien zu unterschiedlichen Erklärungen an¹.

- Grund- und Hauptschullehrerstudenten in der Studienrichtung Sachunterricht mit dem Vertiefungsfach Biologie wurden (ohne vorherige fachliche Erläuterungen) mit der Frage konfrontiert, welche Funktion diese Luftwurzeln erfüllten :

Nur 3 Probanden sahen eine direkte Beziehung zur Atmung und Sauerstoffversorgung der Wurzeln. Mehrheitlich offenbarten die Antworten

nur teilweise oder unrichtig verarbeitete Überbleibsel physiologischer Verständnisse bei Pflanzen trotz Biologieunterricht ("Sie nehmen Nährstoffe aus der Luft auf", "Speicher von Sauerstoff für Photosynthese oder Energiegewinnung", "um die Photosynthese zu unterstützen", "geben der Pflanze zusätzlich Feuchtigkeit, versorgen sie mit Kohlenstoff", "zur Halterung im Boden und zur Nährstoffaufnahme".

- Zufallsbeobachtung: Besucher eines Parkes empörten sich beim Anblick der Luftwurzelknie über die stümperhaft abgesägten Baumschößlinge
- Fallstudien: Reallehrerstudenten im Seminar fanden nach einem Praktikum und einer Vorlesung über Atmung bei Konfrontation mit dem Phänomen Luftwurzelknie zügig passende Erklärungen. In einer anderen Gruppe gleicher Studienrichtung löste das Phänomen vor dem Praktikum intensive Diskussion aus.
- Fallstudien: Ebenso intensiv wurde das Phänomen Luftwurzel mit zwei Klassen angehender Abiturienten diskutiert. Diese fühlten sich im Ergebnis der Diskussion veranlaßt, im nahegelegenen Park nach Exemplaren der Sumpfpypresse zu suchen und fanden sowohl Bäume der Art mit und ohne Luftwurzeln, je nach Standort.

Schriftliche Äußerungen und nachfolgende Gespräche mit den befragten Studenten offenbarten, daß mehrfach Analogieschlüsse zu bekannten Beobachtungen an anderen Organismen (z.B. der Luftwurzeln von Monstera, zu Mangroven, zu Orchideen) versucht wurden. Wie bereits vorangegangene umfangreichere Untersuchungen zu Schülervorstellungen anderer biologischer Themen zeigten, kann insbesondere die Analogie als eine Form des Schließens angesehen werden, die sowohl im Alltag als auch im wissenschaftlichen Denken auftritt. Bei korrekter Anwendung (Überprüfen der Gültigkeit des Schließprozesses) kann sie als Brücke zwischen Alltagsdenken und wissenschaftlichem Denken dienen.

Das Beispiel der Sumpfpypresse mit den Erklärungsansätzen unterschiedlicher Probandengruppen habe ich aus mehreren Gründen dem Vortrag vorangestellt:

- Differenziertheit von Vorstellungen:
Es zeigt, daß verschiedene Probanden zu dem Sachverhalt Erklärungen ganz unterschiedlicher Natur parat hatten, manchmal vielleicht keine oder eine nicht ganz richtige Vorstellung.
- Besonderheit der Biologie:
Eine Besonderheiten der Biologie besteht darin, daß man Phänomene häufig nicht auf ein Prinzip reduzieren kann, das man eben versteht oder nicht versteht. In der Komplexität und Vielfalt biologischer Erscheinungen liegt eine inhaltlich bedingte Besonderheit beim Umgang mit

Misconceptions zur Biologie. Vielleicht ist auch hierin ein gewisser Vorsprung der Physikdidaktik bei der Bearbeitung des Forschungsfeldes Schülervorstellungen, Schülerverstehen begründet, zugleich aber auch die Notwendigkeit spezifisch biologiepädagogischen Herangehens.

Andererseits gibt es in der Biologie bestimmte Bereiche, wie Sippenkenntnisse, Morphologie der Wirbeltiere, z.T. Ökologie und Verhaltensbiologie, in denen an vorhandenen, auf Alltagserfahrungen beruhenden Vorstellungen angeknüpft werden kann. In anderen Bereichen ist die aktive Umformung vorhandener interner Konzepte durch Schüler anzustreben, insbesondere zur Physiologie, zur Vererbung und zum Artwandel.

- Aspekt der unterrichtlichen Umsetzung:
In der Suche nach einfachen, begreifbaren Experimenten sollte ein Schwerpunkt biologiepädagogischen Arbeitens in den Folgejahren liegen, um theoretische Erkenntnisse zum Conceptual change und zur Alltagsorientiertheit, zum Umgang mit Misconceptions umzusetzen. Diese abstrakte Forderung ist leichter gestellt als die Umsetzung im Detail. Wissenschaftliche Interpretationen für alltägliche Phänomene werden ja oft deshalb nicht angenommen, weil das Alltagsbewußtsein schon Lösungen (allerdings andersartige) parat hält. Der Rückfall in Alltagsdenken erfolgt gerade deshalb, weil über das Alltagsbewußtsein für immer wiederkehrende Situationen routinierte Handlungshilfen bereits verfestigt sind.

2. Struktur des Alltagsbewußtseins

Inkompatibilität alltäglicher und wissenschaftlicher Kenntnisse über Lebewesen nach Unterricht hat Ursachen in deren unterschiedlichen Organisationsstrukturen. Der Ansatzpunkt für unsere Untersuchung der Schülervorstellungen, die vor etwa 6 Jahren begannen, wurde zunächst nicht in der Struktur des Biologieunterrichts, sondern in der Struktur des Alltags, aus dem Alltagserfahrungen mit Lebewesen in den Biologieunterricht einfließen, gesucht. Dabei zeigte sich, daß die Grundvorstellungen der Schüler inhaltsspezifisch sind und genaue empirische Erhebungen zu den ganz unterschiedlichen Inhalten der Biologie erfordern. Durch Befragungen und andere Studien zu Alltagserfahrungen 10-16-jähriger Schüler in den Klassenstufen 5/6; 7/8 und 9/10 mit ≥ 1100 Schülern je Klassenstufe konnte nachgewiesen werden, daß bestimmte Verfahren und Methoden des Alltagsbewußtseins, deren Gültigkeit bisher vorwiegend auf gesellschaftliche und soziale Situationen bezogen und nachgewiesen war (Leithäuser u.a., 1977, 1979), den Umgang von Individuen mit belebter Natur betreffen. Spezifische Besonderheiten alltäg-

lichen Erkennens, die sich je nach Bedingungen als Vor- oder Nachteile auswirken können, liegen in deren leiblicher Determiniertheit, in der Gebundenheit an menschliche Sinne, in Synästhesien, in der Objektgebundenheit und Situationsverbundenheit der Phänomene und andererseits zugleich in der Unbestimmtheit und Kontextabhängigkeit und der Unge nauigkeit der Alltagssprache (siehe auch Böhme, 1979).

Bei der Bewältigung des in Situationen parzellierten Alltagslebens bedient sich das Alltagsbewußtsein bestimmter Übertragungsregeln von alten Situationen auf neue, es kommen Abwehrregeln, Reduktionsregeln und in besonderen Fällen auch Thematisierungsregeln zur Wirkung. Empirisch zu belegen (Jäkel, 1993) sind Übertragungsregeln wie

- das Zurückführen von Neuem auf Bekanntes (z.B. den Bau des Körpers von Insekten auf die Wirbeltiermorphologie),
- die Benutzung äußerer Merkmale als Zuordnungskriterien (insbesondere Farbmerkmale bei Pflanze und Tier),
- die Negierung von Widersprüchlichkeit (z.B. bei der Erklärung von Mutationserscheinungen),
- ein Denken in vereinfachten Wirkmodellen (z.B. bei menschlichen Verdauungs- und Ausscheidungsprozessen, beim evolutiven Artwandel, bei der Nährstoffproduktion in Pflanzenorganen),
- mangelnde begriffliche Differenzierungen (z.B. bei Blutgefäßen oder durch Organismen aufgenommenen Stoffen) und Wenigstufigkeit von Kategoriensystemen,
- eine starke Polarisiertheit von Qualitäten.

Diese Besonderheiten tangieren auch das Verhältnis des Laien (also nicht beruflichen Fachbiologen) zu seiner natürlichen Umwelt im Alltag.

In den letzten Jahrhunderten kam es zu Defiziten in der Bewältigung des Verhältnisses zwischen Mensch und Natur. Diese haben sich derart akkumuliert, daß sie einem dramatischen Zustand zusteuern und damit eine grundlegende Änderung der Denk- und Verhaltensweisen beim Umgang mit belebter Natur erfordern. In der Parzellierung des Alltags in Situationen und den damit aktivierten Abwehr- und Reduktionsregeln begründet, tangieren diese eigentlich existentiellen Probleme das Alltagsbewußtsein kaum. Sie wurden noch nicht alltagsrelevant thematisiert und problematisiert. Ziel von Biologieunterricht sollte deshalb vorrangig die Ausbildung von Handlungskompetenz des Laien sein, der ja mit verschiedensten beruflichen Entscheidungen Einfluß auf das Verhältnis von Menschen und belebter Natur nimmt.

Die strukturellen Unterschiede alltäglicher und wissenschaftlicher Erfahrungen (hier erfolgt ja allgemein eine Ablösung der Qualitäten von

Gegenständen) verursachen jedoch nicht nur Schwierigkeiten bei der angestrebten Ausbildung vom wissenschaftlichen Standpunkt aus akzeptabler Vorstellungen. Sie haben ihre eigenständige Bedeutung zur Handlungsorientierung im Alltag und bieten in ihren Besonderheiten auch gewisse Vorzüge wie Stabilität und Dauerhaftigkeit. Wenn man sich um wenigstens partiell alltagsorientierten Biologieunterricht bemüht, könnte man außer der inhaltlichen Seite der Alltagserfahrungen auch den Vorteil der besonderen Stabilität von Alltäglichem didaktisch nutzen.

3. Differenzierung von Vorstellungen

Wir gehen davon aus, daß inhaltliche keineswegs alle Alltagsvorstellungen Misconceptions sind. Unter Fehlvorstellungen oder Misconceptions werden in der deutschsprachigen biologiedidaktischen Literatur, in Anlehnung an angloamerikanische Begriffe, Ansätze verstanden, die Lernende zur Erklärung von naturwissenschaftlichen Phänomenen heranziehen oder im Verlauf von Lernprozessen erworbene Vorstellungen, die - vom wissenschaftlichen Standpunkt aus betrachtet - falsch sind.

Bezogen auf biologische Inhalte (wie z.B. Photosynthese, Gasstoffwechsel und Verdauung) sind reine *alternative frameworks* (verfestigte Misconceptions) zu unterscheiden von Misconceptions, die durch Assimilation vermittelter Informationen (z.B. durch Medien oder Unterricht) zu vorhandenen *alternative frameworks* entstanden sind oder aber durch sinnvoll erscheinende, doch unpassende Verknüpfungen zwischen korrekten Informationen. Die Fehlschlüsse resultieren aus dem aktiven Bemühen der Lernenden, sinnvolle Verbindungen zwischen verschiedenen Konzepten herzustellen. In der Literatur belegt sind Beispiele biologischen Mißverstehens (Atmung, Respiration) und Fehlvorstellungen von der Chemie des Kohlenstoffs. Auch bei meinen eigenen Studentinnen und Studenten sind fehlende Grundlagen anderer Fächer, bedingt z.T. durch engstirnige Verfahren des Wählens oder Abwählens von Fächern in der Sekundarstufe II zu beklagen. Wiederbelebung der Aufmerksamkeit für fächerübergreifende Verbindungen (unter Beibehaltung der Eigenständigkeit der Naturwissenschaften als selbständige Fächer) ist aus meiner Sicht dringend nötig. Auf Misconception zur Photosynthese wegen fehlender grundlegender chemischer oder physikalischer Voraussetzungen weisen schon Simpson und Arnold (1982) und Bell (1985) hin. Eine erkennbare Tendenz, daß ein Mehr an Bildung besseres Verstehen und Erklärungsmächtigkeit der wissenschaftlich akzeptablen Kenntnisse für Alltagsphänomene zu Folge hat, muß durch weitere Untersuchungen statistisch gesichert werden. Durch Umfang und Qualität von naturwissenschaftlichem Unterricht bedingt (Vergleich von Teilnehmern eines

Leistungskurses Biologie mit Absolventen ohne Leistungskurs Biologie in der Sekundarstufe II), gibt es in Seminaren mit Sachunterrichtsstudenten zumindest merkbare Unterschiede im Zurückgreifen auf im Unterricht Gelerntes.

4. Vorschläge für den Unterricht

Unter dem Aspekt der unterrichtlichen Umsetzung wird in der Suche nach einfachen, begreifbaren Experimenten oder Phänomenen ein Schwerpunkt biologiedidaktischen Arbeits gesehen, um theoretische Erkenntnisse zum *conceptual change* (der Umformung vorhandener Vorstellungen beim Lernprozeß) und zur Alltagsorientiertheit, zum Umgang mit *Misconceptions* umzusetzen.

Die Schwierigkeit besteht nun darin, daß zähe *Misconception* in der Biologie vorrangig allgemeinbiologische Zusammenhänge betreffen. Hier ist die Forderung nach Phänomen leicht gestellt, aber schwer realisiert.

In den bisherigen Untersuchungen (Jäkel, 1993) wurde gefunden, daß Alltagsvorstellungen wissenschaftlichen nicht in jedem Fall zuwiderlaufen, sondern daß inhaltsabhängig zwischen ausbaufähigen Vorstellungen und zu korrigierenden Vorstellungen unterschieden werden muß. Ausbaufähig waren dabei vorwiegend auf authentischen Erfahrungen beruhende Vorstellungen zu einzelnen Organismen, auch wenn sich diese Erfahrungen im Umgang allgemein nur auf eine stark begrenzte Skala von Organismen beziehen und viele häufige und alltägliche Sippen einer Wahrnehmung oft entgehen. Korrekturbedürftig dagegen sind eher allgemeinbiologische Sachverhalte und Vorstellungen von sinnlich kaum wahrnehmbaren physiologischen und evolutiven Prozessen.

Eine Gruppe der Schülervorstellungen betrifft also eine Dimension, die durch direkte sinnliche Wahrnehmung nicht zugänglich ist, weil sich die Strukturen im submikroskopischen und molekularen Bereich befinden oder Prozesse hoher Komplexität ablaufen, die nur durch Schließprozesse zu ergründen sind. Hierzu zählen physiologische Abläufe wie Atmung bei Pflanzen, Aspekte der Photosynthese, komplexe physiologische Abläufe im menschlichen Körper u.a..

Damit die Konfrontation zwischen wissenschaftlichen Konzepten und Sichtweisen der Lernenden hart und intensiv erlebt werden können, wie Nachtigall aus physikdidaktischer Sicht fordert, brauchen wir "begreifbare" visualisierte und erlebbare Phänomene. Sie werden in den verschiedenen Fachdidaktiken *first-hand-experience* (Mintzes, 1984, S. 552), *Situationsanalysen* (Strey, 1981) oder *laboratory activities* (Odom, 1993) genannt. "Grundsatz sollte werden, daß die Konfrontation des oft völlig gegen Erfahrung und Intuition der Schüler gerichteten physikalischen Konzepts mit der Sichtweise der Schüler erfolgt.

Organisieren wir die Konfrontation mit dem, was wirklich in den Köpfen drinsteckt. Diese Konfrontation muß hart und intensiv erlebt werden. Wir brauchen also eine Änderung der Denkstruktur derart, daß diese Präkonzepte transformiert, nicht ausgelöscht, nicht getötet, nicht mit Häme verdammt und lächerlich gemacht werden..." (Nachtigall, 1992, S.173)

Über derartige Phänomene soll versucht werden, erste unterrichtlich nutzbare Konsequenzen aus Erhebungen über Schülervorstellungen und Alltagserfahrungen mit Lebewesen zu ziehen. Dabei wird z.T. unterrichtlich Bewährtes neu gewichtet.

Hier sollen Phänomene Ausgangspunkt von Erkenntnisarbeit durch Schüler sein.

Es gibt gewisse Parallelitäten zwischen den Phänomenen zu allgemeinbiologischen Sachverhalten, die hier gemeint sind, und dem Problem im biologiedidaktischen Sinn.

Nach Schwier (1976) werden Problemsituationen nicht als Randerscheinungen des Unterrichtsprozesses, sondern als Ergebnis intensiver Erkenntnisarbeit für die Schüler geplant und realisiert. Schwier hebt hervor, daß es zur bewußten Erfassung von Problemstellungen durch die Schüler großer Anstrengungen bedarf. "Die meisten Probleme werden im Biologieunterricht nicht zufällig gefunden." Nach Schwier ist ein Problem aus biologiedidaktischer Sicht ein "dem Schüler bewußt gewordener Widerspruch zwischen zwei (oder mehreren Aussagen), die dem Schüler im Verlaufe des Unterrichtsprozesses vermittelt oder von ihm selbst erarbeitet worden sind.

Diesen Widerspruch kann der Schüler nur lösen, wenn er, von einer Problemfrage ausgehend, das Problem bearbeitet und löst."

Die von uns zu unterrichtlichen Zwecken auszuwählenden Phänomene sollten einen Bezug zum Alltag aufweisen, möglichst sinnlich wahrnehmbar sein und zudem Schlüsse auf allgemeinbiologische Zusammenhänge ermöglichen.

Das Besondere der hier erwähnten Phänomene im Unterschied zu Problemen besteht insbesondere darin, daß die Phänomene im Unterricht nicht nur gedanklich präsentiert werden. Manche "Modellexperimente" führt die Natur selbst durch. Ihre Originale bieten sich als Lernobjekte geradezu an, wenn man sie wahrnimmt. Fragen entstehen aus Realbegegnungen. Wenn eine originale Betrachtung (Sumpfyzypresse u.a.) im Notfall im Unterricht nicht möglich sein sollte, müssen stellvertretende Repräsentationsformen mit hoher Affinität zum Original (Uhlig, 1962) hinzugezogen werden. Die sinnliche Wahrnehmbarkeit in Anknüpfung an das Erkennen im Alltag soll ja bewußt didaktisch genutzt werden. Allein gedankliches Herbeiführen einer Problemsituation ist zuwenig.

Die Schwierigkeiten bei der Phänomenfindung bestehen darin, solche Phänomene zu finden, die sich nicht in der Erklärung des Verhaltens einzelner Organismen erschöpfen, sondern zu Schlüssen auf grundlegende physiologische Abläufe animieren. Hier gerade ist Konzeptwandel so schwer auszulösen.

Ein abstraktes Problem soll sinnlich wahrnehmbar gemacht werden.

Manchen Vorstellungen zur Erklärung biologischer Phänomene wurde unter besonderer Berücksichtigung der Ausbildung von Grundschullehrern nachgegangen. Vielleicht werden deren Misconceptions über den Sachunterricht der Grundschule weitergetragen. So äußerte beispielsweise eine Sachunterrichtsstudentin (ohne Leistungskurs Biologie), daß die Pflanzen über die Wurzel folgende Stoffe aufnehmen: "Nährstoffe, CO₂, Wasser". Auch wenn ein anderer Student bei einer Befragung angibt, die Pflanzen würden über die Wurzel Wasser und Nährstoffe aufnehmen und über die Blätter nur Wasser, müssen Zweifel am Verständnis der autotrophen Ernährungsweise der Pflanzen aufkommen. Diese Antworten sind keine Ausnahmen, sondern bei aller individuellen Differenziertheit eher die Regel. Vergleicht man sie mit zähen Fehlvorstellungen bei Schülern, auf die in der Literatur hingewiesen wird (Sula, 1971; Driver, 1989, 1990; Bell, 1984; Simpson & Arnold, 1982; Gerhardt & Piepenbrock 1990; Brumby, 1982 oder Jäkel, 1993,) so fällt auf, daß sie gemeinsam vorrangig in demselben Erklärungsansatz bestehen: Pflanzen nehmen Nahrung von außen auf (nämlich über die Wurzel), statt sie selbst herzustellen. Phänomene sind nötig, die auf diese Irrtümer deutlich hinweisen.

Häufig ist festzustellen, daß Schülervorstellungen von Atmung bei Pflanzen von wissenschaftlichen Vorstellungen abweichen. In Übernahme von Erkenntnissen am eigenen Körper wird manchmal nur der äußere Gasaustausch als Atmung verstanden. Daß Zellatmung auch alle Organe der Pflanzen betrifft, ist häufig unverständlich.

Ein interessantes und, wie ich fand, auch für Schüler und Studenten anregendes Phänomen sind daher die Luftwurzeln der Sumpfyzypressen.

Mit gemischten Gefühlen beobachte ich, daß einfachste Phänomene Sachunterrichtsstudenten (also Absolventen eines zum Abitur führenden Bildungsganges) zu ernsthaften, engagierten Diskussionen anregen.

- Können Insekten so groß wie Menschen werden?
- Müssen die Wurzeln von Pflanzen atmen?
- Warum muß ein Baum ohne Rinde sterben? (Klassische Ringelungsversuche unternahm Malpighi schon 1679, eine Untersuchung von Schülervorstellungen über die Funktion der Rinde liegt auch von Symington und White (1983) vor.)
- Ist ein Wasserfloh ein Insekt?

Erfreulich ist natürlich die Diskussionsbereitschaft nach Betrachtung der Probleme, aber dürften sie für Abiturienten tatsächlich noch problematisch sein?

Weitere z.T. mit Schülern erprobte Phänomene können hier abschließend nur stichpunktartig erwähnt werden:

Das Problem der Eigenproduktion organischer Nährstoffe der Pflanze könnte durch folgende Situation thematisiert werden:

- Warum blüht eine Blume (Alpenveilchen oder Gerbera) in der Vase nur kurze Zeit und fruchtet nicht, im Topf mit Wurzeln etwas länger, am besten im Freiland?
- Warum ist es für Straßenbäume lebensnotwendig, daß Baumscheiben freigehalten werden von parkenden Autos? (Wurzelatmung)

Zum Problembereich autotrophe Ernährung der Pflanzen paßten auch folgende Angebote:

- Wie kann die Mistel auf einem Baum leben? Warum bezeichnet man die Mistel als Halbschmarotzer? (Wesen der Photosynthese)
- Warum ist die Schuppenwurz nicht grün wie andere Pflanzen? (Pflanzliche Parasiten, Ernährung der Pflanzen)

Am Beispiel des Phänomens Blattlaus ließen sich mehrere Gesichtspunkte beleuchten:

- Was fressen Blattläuse, inwiefern schaden sie den Wirtspflanzen? (Ernährung der Pflanzen, Assimilattransport)
- Welche Möglichkeiten biologischer Schädlingsbekämpfung gegen Blattläuse gibt es? (Ökologie)
- In welchen ökologischen Beziehungen stehen Blattläuse und Ameisen? (zur Morphologie und Systematik der Blattläuse siehe UB-Heft zur Formenkunde 1993)
- Warum führt reichliches Wassertrinken nach Genuß roher Kirschen vom Baum zu Bauchgrimmen? (Physiologie der menschlichen Verdauung)
- Was sind lebende Steine? (Konzept des Lebendigen)
- Bei Nacht erscheinen alle Katzen grau. Warum? (Sinnesphysiologie)
- Warum halten sich im Frühjahr auf den nordfriesischen Halligen so viele Ringelgänse auf, wo sind sie sonst? (Energetik des Vogelzugs)
- Sehen die Blätter eines Zweiges von Ilex alle gleich aus, oder von Eschanahorn oder der Schneebeere? Sind diese beobachtbaren Verschiedenartigkeiten "normal"? (Variabilität des Phänotyps innerhalb eines Organismus oder einer Art)

- Warum gibt es kaum noch Auerwild (strukturelle Eintönigkeit menschlich beeinflusster Waldökosysteme)?

Anmerkung

¹ Folgende Erklärungsweisen für Phänomene können in Anlehnung an die Einteilung im Alltag gebräuchlicher Erklärungsweisen von Schülern für biologische Phänomene nach Symington und White (1983), Hedewig (1988), Minssen u.a. (1989) sowie Engel Clough und Wood-Robinson (1985) unterschieden werden:

- Analogien, kausales Denken bzw. partiell kausales Denken und Generalisierungen.
- Anzweifeln der Prämissen.
- anthropomorphe und anthropozentrische Erklärungen.
- teleonomische und teleologische Erklärungen.
- funktionale Erklärungen.
- Bekräftigen intuitiver Annahmen ohne Erklärung.

Literatur

- Barker, M.A. (1986). *The Description and Modification of Children's View of Plant Nutrition*. University of Waikato.
- Bell, B. (1985). Students' ideas about plant nutrition: what are they? *Journal of Biological Education*, 19 (3), 213-218.
- Böhme, G. (1979). Die Verwissenschaftlichung der Erfahrung. Wissenschaftsdidaktische Konsequenzen. In G. Böhme & M. v. Engelhardt (Hrsg.), *Entfremdete Wissenschaft* (S. 114-136). Frankfurt/M.
- Brumby, M.N. (1982). Students' Perceptions of the Concept of Life. *Science Education*, 66 (4), 613-622.
- Carey, S. (1985). *Conceptual Change in Childhood*. Massachusetts.
- Driver, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, 11, 481-490.
- Driver, R. (1990). *Constructivistic Approaches to Science Teaching*. (Paper presented at University of Georgia, Mathematics Education Department as a contribution to the Seminar Series 'Constructivism in Education', April 1990).
- Engel Clough, E. & Wood-Robinson, C. (1985): Children's understanding of inheritance. *Journal of Biological Education*, 19 (4), 304-310.
- Gerhardt, A. & Piepenbrock, C. (1990). Misconceptions im Fach Biologie bei Schülern der Sekundarstufe I - Möglichkeiten der Analyse. In W. Killermann & L. Staack (Hrsg.), *Methoden des Biologieunterrichts* (S. 223-234). Köln.
- Hedewig, R. (1988). Naturvorstellungen von Schülern - Ergebnisse einer Befragung von Schülern der Jahrgangsstufen 3-10 unterschiedlicher Schulformen. In R. Hedewig & W. Stichmann (Hrsg.), *Biologieunterricht und Ethik* (S. 212-229). Köln.
- Jäkel, L. (1993). *Art und Exaktheit biologischer Alltagserfahrungen 10- bis 16-jähriger Schüler und Möglichkeiten ihrer Nutzung im Biologieunterricht*. Habilitationsschrift, Universität Postdam.
- Leithäuser, T. (1979). *Formen des Alltagsbewußtseins* (2.Aufl.). Frankfurt/M. & New York.

- Leithäuser, T., u.a. (1977). *Entwurf zu einer Emperie des Alltagsbewußtseins*. Frankfurt/M.
- Minssen, M., Popp, T. & de Vso, W. (Hrsg.). (1989). *Strukturbildende Prozesse bei chemischen Vorgängen*. Kiel.
- Mintzes, J.J. (1984). Naive Theories in Biology: Children's Concepts of the Human Body. *School Science and Mathematics*, 84 (7), 548-555.
- Nachtigall, D. (1992). Krise und Ausweg. *Physikalische Blätter*, 48 (3), 169-173.
- Odom, A.L. (1993). Action Potentials & Biology Textbooks: Accurate, Misconceptions or Avoidance?. *The American Biology Teacher*, 55 (8), 468-472.
- Pokorny, J. (1986). *Bäume*. Prag.
- Schwier, H.-J. (1976). Problemerkatalog für den Biologieunterricht. *Bezirkskabinett für Weiterbildung*. Gera.
- Simpson, M. & Arnold, B. (1982). Availability of prerequisite concepts for learning biology at certificate level. *Journal of Biological Education*, 16 (1), 65-72.
- Strasburger, E. (1978). *Lehrbuch der Botanik* (31. Aufl.). Jena.
- Strey, G. (1981). Wissenschaft und Alltag im Biologieunterricht. *biologica didactica*, 5 (1), 34-39.
- Sula, J. (1971). Außerschulische Kenntnisse über Lebenserscheinungen bei Pflanzen bei Schülern der ersten Klassen. *Biologie in der Schule*, 20 (6), 218-221.
- Symington, D.J. & White, R.T. (1983). Children's Explanation of Natural Phenomena. *Research in Science Education*, 13, 73-81.
- Uhlig, A. (1962). *Didaktik des Biologieunterrichts*. Berlin.

Schriftenreihe der
Pädagogischen Hochschule Heidelberg
Band 19

Herausgegeben von der
Pädagogischen Hochschule Heidelberg

Wissenschaftlicher Beirat:
Albrecht Abele, Hans-Hagen Hartter, Horst Hörner,
Walter Riethmüller, Rudolf Schindele, Jürgen Schönbeck,
Wolfgang Sehringer, Uwe Uffelman und Willi Wölfig

Der Wandel im Lehren und Lernen von Mathematik und Naturwissenschaften

Band II: Naturwissenschaften

Symposion '94
Pädagogische Hochschule Heidelberg
4. bis 7. Oktober 1994

Herausgegeben von
Lissy Jäkel, Michael Schallies, Joachim Venter
und Uwe Zimmermann

Unter Mitarbeit von Anneliese Wellensiek

Deutscher Studien Verlag · Weinheim 1994

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Pädagogische Hochschule (Heidelberg):

Symposion... / Pädagogische Hochschule Heidelberg. –

Weinheim : Deutscher Studien Verlag

Früher nicht als Gesamttitel einer zeitschr.-artigen Reihe, sondern als
Zusatz des jeweiligen Stücktitels erfaßt

1994. Der Wandel im Lehren und Lernen von Mathematik und
Naturwissenschaften. –

Bd. 2. Naturwissenschaften. – 1994

Der Wandel im Lehren und Lernen von Mathematik und

Naturwissenschaften : Pädagogische Hochschule Heidelberg,

4. bis 7. Oktober 1994. – Weinheim : Deutscher Studien Verlag

(Symposion... / Pädagogische Hochschule Heidelberg ; 1994)

ISBN 3-89271-522-X

Bd. 2. Naturwissenschaften / hrsg. von Lissy Jäkel... unter der

Mitarb. von Anneliese Wellensiek. – 1994

(Schriftenreihe der Pädagogischen Hochschule Heidelberg ; Bd. 19)

ISBN 3-89271-521-1

NE: Jäkel, Lissy [Hrsg.]; Pädagogische Hochschule (Heidelberg):

Schriftenreihe der Pädagogischen...

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung
sowie der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner
Form (durch Photokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne
schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung
elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt und verbreitet werden.

Druck nach Typoskript (DTP)

© 1994 Deutscher Studien Verlag · Weinheim

Herstellung der Druckvorlage: Anneliese Wellensiek (Text)

und Andreas Schwarz (Grafik)

Druck: Druck Partner Rübemann, 69052 Hemsbach

Seriengestaltung des Umschlags: Atelier Warminski, 63654 Büdingen

Printed in Germany

ISBN 3 89271 521 1

ISBN Band I und II: 3 89271 522 X

INHALTSVERZEICHNIS

Geleitwort des Ministers für Wissenschaft und Forschung des
Landes Baden-Württemberg 11

Geleitwort des Rektors der Hacettepe Universität Ankara 13

Geleitwort des Rektors der Pädagogischen Hochschule Heidelberg 15

Zur Einführung 16

Plenarvorträge

Dieter Rodi

Der Wandel im Lehren und Lernen im Bereich von Ökologie und
Umweltbildung 17

Helmut Wenck

Wandel in der Chemie - Wandel in der Fachdidaktik 31

I. Sektion Biologie

Ulrich Kattmann

Vom Blinden Fleck zum Leitfaden - Evolutionsbiologie im Unterricht 45

Roland Hedewig

Vorteile und Grenzen des Projektunterrichts im Fach Biologie -
Ergebnisse einer Befragung von Lehrern im Schuljahr 1993/94 56

Frank Horn und Helga Wolff

Biologieunterricht und Gesundheitserziehung - Ergebnisse einer
Rostocker Studie mit Konsequenzen für Lehren und Lernen 64

Jürgen Storrer

Wieso spucken Lamas? Die erlebnisorientierte Vermittlung biologischen
Fachwissens in der Ausbildung von Lehramtsstudenten 69

Wieslaw Stawinski

Aktuelle Tendenzen im Biologieunterricht und in der Umwelterziehung
in Polen 75

Danuta Cichy

Ökologische Schule als neue Strategie der naturwissenschaftlichen Ausbildung 80

<i>Ute Bernhardi</i> Emotionales Lernen im Biologieunterricht?! Beispiele für Phantasie-, Bewegungs- und Gestaltungsübungen im Biologieunterricht der Sekundarstufe I und II	85
<i>Jan Bretschneider</i> Überlegungen zum Philosophieren im Biologieunterricht	90
<i>Harm Kühnemund</i> Erfahrungen - Wirklichkeiten - Erkenntniswege: Der wissenschaftliche Vermittlungsansatz	94
<i>Herbert Gläser</i> Lehrtätigkeiten im Biologieunterricht	108
<i>Dittmar Graf</i> Begriffslernen im Biologieunterricht - Vorschläge zur Verbesserung der Wissensaneignung	112
<i>Elisabeth von Falkenhausen und Elke Rottländer</i> Was können die Naturwissenschaften unter besonderer Berücksichtigung der Biologie zur Bildung beitragen?	118
<i>Almut Gerhardt</i> Analyse von Schülervorstellungen im Bereich der Biologie und ihre Bedeutung für den Biologieunterricht	121
<i>Lissy Jäkel</i> Zum Verhältnis von Alltag und Biologieunterricht - Erkennen an Phänomenen	133
<i>Ulrich Gebhard</i> Vorstellungen und Phantasien zur Gen- und Reproduktionstechnologie bei Jugendlichen	144
<i>Rüdiger Lutz Klein</i> Worin besteht das Interesse an Pflanzen bei Fünfzehnjährigen?	157
<i>Jürgen Mayer</i> Biodiversität - ein biologisches Konzept und seine Bedeutung für den Biologieunterricht	161
<i>Joachim Venter</i> Biologische Vielfalt, mehr als ein Phänomen? - Zugangsmöglichkeiten im Biologieunterricht	170
<i>Günter R. Witte</i> Defizitabbau durch freilandbiologisches Begegnen mit Phänomen und Vernetzungen: integratives Natur-Begreifen und Umweltethik als Bildungsauftrag	176

<i>Martin Hoebel-Mävers</i> Lernortdidaktische Studien zu einem Transekt in HH-Wilhelmsburg	182
<i>Beata Dulisz</i> Außerschulische Formen der Erweiterung des biologischen Wissens und der Entwicklung der biologischen Interessen von Schülern der allgemein- bildenden Oberschulen	186
<i>Juliane Seger</i> In Sachen erzieherisches Handeln, Ethik und Verantwortung ... Reflexionen und Neuansätze als Beitrag zur Lerneffizienz im Biologieunterricht	192
<i>Birsen Önalp</i> Deutsche Wissenschaftler in der Türkei und ihre Beiträge zur Entwicklung der Naturwissenschaften zur Zeit der Regierung von Atatürk	199
<i>J. Storrer, M. Schröer und U. Hennig</i> Einweggeschirr aus Stärke: Ein innovatives Produkt für eine human- ökologische Unterrichtskonzeption	206
II. Sektion Chemie	
<i>Hans-Jürgen Becker</i> Lehrerverhalten - allein entscheidend?	209
<i>Richard Kempa</i> Teachers as Diagnosticians of Students' Learning Difficulties in Science	213
<i>Peter Buck</i> Verstehen lernen oder einprägen? Über eine Weiterentwicklung der Wagenscheinschen Didaktik im Chemieunterricht	226
<i>Elke Sumfleth</i> Visualisierung - hilft sie uns weiter?	231
<i>Inci Morgil</i> Geschlechtsspezifische Unterschiede im Hinblick auf den sozio- ökonomischen Hintergrund und den Studienerfolg	236
<i>Ayhan Yilmaz</i> Praxis und Ergebnisse des naturwissenschaftlichen Unterrichts im Rahmen des neu eingeführten Wahlfachprogramms	240
<i>Silvia Stockmann-Aydeniz</i> Durchführung eines umweltanalytischen Praktikums - ein Weg zur Förderung der Schülerinteressen an Chemieunterricht?	245

<i>Peter Menzel</i> Chemieunterricht zwischen Gefahrstoffverordnung und Abfall- problematik - eine Chance	251
<i>Michael Schallies</i> Chemisches Lernen mit kleinen Substanzmengen - der Wandel im experimentellen Chemieunterricht	253
<i>Erwin Wiederholt</i> Gaschromatographische low - cost Techniken unterstützen abfallarmes chemisches Experimentieren. Beispiel: Untersuchung der Luft und eines Feuerzeuggases	259
<i>John H. Penn</i> Mikrochemie in den U.S.A.	267
<i>Emine Erdem</i> Praxis des fremdsprachigen naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Türkei	273
<i>Marinus Kool</i> Changes in the learning and teaching of chemistry at the interface of secondary and tertiary education in southern Africa	280
<i>Wolfgang Stix</i> Arbeitsicherheit und Gesundheitsschutz von Beginn an im natur- wissenschaftlichen Unterricht	287
III. Sektion Physik	
<i>Wolfgang Manthei</i> Die bewußte Anwendung der geistigen Operationen im physikalischen Lehr- und Lernprozeß	290
<i>Leon Jablko</i> Intuition und Erklären	301
<i>Wolfram Winnenburg</i> Astronomische Beobachtungen - vom Phänomen zur wissenschaftlichen Modellvorstellung	306
<i>Roland Szostak</i> Themen der Astronomie als innovatives Element des Physikunterrichts	312
<i>Fritz Siemsen</i> Von den Unwägbarkeiten zur reinen Tätigkeit. Der romantische Ursprung physikalischer Konzepte des 19. und 20. Jahrhunderts	316

<i>Gottfried Merzyn</i> Physiklehrer im westlichen Deutschland. Ergebnisse einer Lehrerbefragung	324
<i>Klaus Scheeler</i> Energie als Tauschwert - eine schülergerechte Deutung des Energiebegriffs?!	328
<i>Christoph von Rhöneck und Karl Grob</i> Schülervorstellungen zur elementaren Elektrizitätslehre: Übersicht und Konsequenzen für den Unterricht	335
<i>Heinz Muckenfuß</i> Elektrizitätslehre: Ein pädagogisch begründetes Unterrichtskonzept. Begriffsbildung mit Hilfe handgetriebener Generatoren	345
<i>Herbert Druxes</i> Systemtheorie und Kybernetik als fächerübergreifendes Unterrichtsmodell	357
<i>Helmut Kühnelt</i> Handlungsorientierter Physikunterricht - ein Weg aus der Krise?	360
<i>Manuela Welzel</i> Lernen in Kleingruppen: Überraschend individuell	366
<i>Hilmar Ebbinghaus</i> Das Feldenergiekonzept	371
<i>Eckhard Rückl</i> Feld-Feldenergie - ein neues didaktisches Konzept	375
<i>Eleonore Pietsch</i> Über die Grundzüge der Relativitätstheorie auf dem Niveau der Sekundarstufe I	380
<i>Rita Wodzinski</i> Dynamik in der Mittelstufe - Möglichkeiten und Grenzen	386
<i>Raimund Girwidz</i> Strommessung mit neuen Perspektiven - Moderne Hilfsmittel für Schulversuche und einige unterrichtliche Rahmenfaktoren	391
<i>Uwe Zimmermann</i> Schwächung des Lichts von Leuchtdioden beim Durchgang durch Materie. - Einfache Schüler- bzw. Praktikumsversuche	397