

Schülervorstellungen zur Evolution - eine quantitative Studie

Maren Johannsen & Dirk Krüger¹

Kurzfassung

Auf der Basis der Ergebnisse qualitativer Untersuchungen wird in dieser Studie die quantitative Verteilung von Schülervorstellungen zu verschiedenen Aspekten der Evolution untersucht. Ziel ist es, die Vorstellungen zu identifizieren, mit denen vorrangig im Unterricht gerechnet werden muss. Dies soll dem Lehrer bei der Planung eines Unterrichts, der Schülervorstellungen berücksichtigt, helfen, passende Instruktionen zur Bewältigung von Problemen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit zu erwarten sind, vorzubereiten.

100 Schüler (10. Klasse), die noch keinen Evolutionsunterricht erhalten hatten, sowie 206 Kursteilnehmer (11./12. Klasse), die bereits Evolution im Unterricht behandelt hatten, bearbeiteten einen Fragebogen. Die Schüler aller Klassenstufen stimmten im großen Umfang (71-81 %) finalen Auffassungen in geschlossenen Aufgaben zu und drückten entsprechende Vorstellungen in offenen Aufgaben relativ oft (46-53 %) aus. Anthropomorphe Vorstellungen nahmen mit zunehmendem Alter der Schüler ab (31 → 17 %). Zwischen 33 % (10. Klasse) und 25 % (11. / 12. Klasse) der Schüler stellten sich vor, dass Evolution wegen einer persönlichen Notwendigkeit geschieht. 44 % (10. Klasse) und 30 % (11./12. Klasse) der Schüler konnten sich nicht vorstellen, dass Mäuse in der 21. Generation einen Schwanz mit normaler Länge besitzen würden, wenn man den Vorfahren diesen über 20 Generationen abschneidet. Es wurde deutlich, dass lamarckistische Auffassungen ein wissenschaftliches Verständnis behindern. Die Untersuchung zeigt, dass finale, anthropomorphe und lamarckistische Vorstellungen prominent in allen Klassen auftreten.

Keywords

Schülervorstellungen, Evolution, Empirie

1 Einleitung

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, mithilfe eines Fragebogens die Häufigkeit des Auftretens von bekannten und beschriebenen Vorstellungen zur Evolution in der 10. - 12. Klassenstufe zu erfassen. Die Kenntnis der Häufigkeit und Präsenz bestimmter Vorstellungen soll dem Biologielehrer helfen, sich aus

¹ Eingereicht am 15.07.05, überarbeitet zum 30.11.05, angenommen am 05.12.05

den zu erwartenden Problembereichen beim Unterrichten auf die einzustellen, die erwartungsgemäß vielfach und prominent auftreten werden.

Vorstellungen beruhen auf Erfahrungen, die im Laufe des Lebens gemacht werden (LAKOFF & JOHNSON 1980). Diese Vorstellungen sind auch im Biologieunterricht präsent und lassen sich häufig auch durch Unterricht nicht in eine wissenschaftliche Richtung lenken (GROPENGIEßER 2003). Vor dem Hintergrund dieser Problematik wurde das Modell der Didaktischen Rekonstruktion mit dem Ziel entwickelt, den Unterricht effektiver zu gestalten. Dieses Modell berücksichtigt die Lernervorstellungen und stimmt die Unterrichtsgestaltung in einem iterativ-rekursiven Verfahren mit den fachlichen Vorstellungen ab (KATTMANN et al. 1997).

In verschiedenen Arbeiten wurden bereits Schülervorstellungen zum Thema Evolution erhoben. Dabei wurde unter anderem untersucht, inwieweit Vorstellungen der Schüler das Verstehen der Evolution beeinflussen (BRUMBY 1984, HALLDÉN 1988, BISHOP & ANDERSON 1990, JIMÉNEZ-ALEIXANDRE 1992, SCHILKE & LEHRKE 1994, SETTLAGE 1994, BAALMANN et al. 2004) oder ob das Verstehen der Evolution durch religiöse Ansichten beeinflusst wird (BISHOP & ANDERSON 1990, DEMASTES et al. 1995, ILLNER 1999).

Ein Ergebnis dieser Studien ist, dass viele Lerner Anpassung als eine Notwendigkeit sehen, die den Individuen von ihrer Umwelt auferlegt wird. Auf Veränderungen der Umwelt reagieren die Organismen aktiv und absichtlich, indem sie sich anpassen (HALLDÉN 1988, BISHOP & ANDERSON 1990, SCHILKE & LEHRKE 1994, BAALMANN et al. 2004). Dabei unterscheiden Lerner häufig nicht zwischen der Populations- und der Individuenebene. Sie meinen vielfach irrtümlicherweise, dass das Objekt der Anpassung das Individuum und nicht die Population ist (BRUMBY 1984, HALLDÉN 1988). Die Anpassung erfolgt als ein einheitlicher Prozess, der bei allen Individuen einer Art auftritt (BRUMBY 1984, HALLDÉN 1988). Lerner glauben nicht, dass sich Merkmale durchsetzen, weil die Anzahl der Individuen mit den entsprechenden Merkmalen mit jeder Generation zunimmt, sondern weil sich die Merkmale selber allmählich verändern (BISHOP & ANDERSON 1990).

Im Besonderen muss zwischen Anpassung und Angepasstheit unterschieden werden, wobei unter Anpassung der Prozess und unter Angepasstheit das Ergebnis der evolutionären Veränderungen verstanden werden soll (SCHROOTEN 1981). Das Wort „Anpassung“ soll dabei als stammesgeschichtlicher Prozess und hypothetische Grundlage der Evolution gesehen werden. Davon abzugrenzen sind

Modifikation als umweltabhängige Abwandlung im Rahmen der Reaktionsnorm von Genen und individuelle Anpassung eines Lebewesens als unmittelbare physiologische Reaktion auf eine Augenblickssituation (LUCAS 1971).

Anpassung scheint für Lernende den Status einer umfassenden Erklärung für evolutionäre Veränderungen zu haben. Auch die Vorstellungen, dass sich Arten verändern, weil die Individuen bestimmte Fähigkeiten oder Organe nutzen bzw. nicht nutzen, kommen häufig vor (HALLDÉN 1988, BISHOP & ANDERSON 1990). Dass Anpassung für Schüler aller Altersstufen ein schwieriges Konzept ist (SCHILKE & LEHRKE 1994), bewies auch eine Studie (BISHOP & ANDERSON 1990), die trotz großer Bemühungen, die Lerner zu den wissenschaftlichen Vorstellungen hinzuführen, nur einen mäßigen Erfolg des erteilten Unterrichts zeigte.

In der jüngsten Studie zum Thema charakterisierten BAALMANN et al. (2004) Schüleraussagen in Denkfiguren und Konzepte zur Anpassung. Dabei unterschieden sie in „Gezieltes adaptives Handeln von Individuen“ (Anpassung als absichtsvolles und zielgerichtetes Handeln von Lebewesen), „Adaptive körperliche Umstellung“ (Automatische Veränderungen durch Reaktionen der Organismen auf Lebensbedingungen) und „Absichtsvolle genetische Transmutation“ (Gene werden vom Lebewesen zum Zweck der Anpassung verändert). Die Ergebnisse dieser Untersuchung decken sich in den folgenden Aspekten mit den Vorstellungen zur Evolution, die in Jugendbüchern auftreten (BECKER 1998). Demnach lassen sich finale, anthropomorphe, religiöse und lamarckistische Vorstellungen unterscheiden, die zum Teil eng miteinander zusammenhängen und sich gegenseitig bedingen. Insbesondere finale und anthropomorphe Vorstellungen treten in Jugendbüchern auf, während lamarckistische und vitalistische bzw. religiöse Vorstellungen hier nur vereinzelt vorkommen (BECKER 1998, 9 f.).

Finale Vorstellungen

Unter Finalität versteht man Zweckgerichtetheit. In finalen Vorstellungen, die sich auf evolutionäre Prozesse beziehen, wird die Funktionalität einer Eigenschaft als Ursache derselben gesehen. Merkmale entstehen demnach, damit sie eine bestimmte Funktion erfüllen können. Die Anpassung unterliegt hier keinem Zufall, sondern erfolgt durch eine höhere Instanz oder durch die Steuerung des Lebewesens selbst. Ähnlichkeit zur Zweckgerichtetheit bei der Finalität haben teleologische Vorstellungen, die auf ein Ziel ausgerichtet sind, weil sie damit häufig auch einen Zweck erfüllen.

Anthropomorphe Vorstellungen

Bei diesen Vorstellungen werden menschliche Maßstäbe auf Tiere, Pflanzen oder unbelebte Dinge übertragen. Tiere handeln hierbei eigenständig und richten ihr Verhalten auf einen Zweck und ein Ziel aus. Das Auftreten von Veränderungen erfolgt damit nicht zufällig, sondern es kann aktiv von dem Tier oder der Pflanze gesteuert werden.

Vitalistische und religiöse Erklärungsansätze

Erklärungsansätze dieser Art gehen auf die willentliche Schöpfung durch einen Gott oder eine Naturkraft zurück. Damit ist auch hier die Evolution auf ein Ziel gerichtet. Oft sind diese Vorstellungen mit dem Gedanken verbunden, jedes Lebewesen besitze einen Vervollkommenstrieb.

Lamarckistische Erklärungsansätze

Diese Vorstellungen beziehen sich auf die Annahmen von LAMARCK (1744-1829). Dazu gehören, dass der Gebrauch und die Nutzung von Organen zu deren Vergrößerung und Verlängerung bzw. deren Nichtgebrauch zu deren Verkümmern führen und dass diese erworbenen Eigenschaften an die folgende Generation weitergegeben werden.

2 Theoretischer Rahmen

Die Untersuchung basiert auf dem moderaten Konstruktivismus (GERSTENMAIER & MANDL 1995) sowie der Conceptual-Change-Theorie (STRIKE & POSNER 1992). Das Erfassen der Schülervorstellungen und die Entwicklung von Strukturierungen für den Unterricht erfolgt im Rahmen des Modells der Didaktischen Rekonstruktion (KATTMANN et al. 1997) und stellt einen Untersuchungsbereich dieses Forschungsmodells dar.

Der moderate Konstruktivismus

Aus konstruktivistischer Sicht wird Wissenserwerb als aktive Konstruktion auf der Grundlage des Vorwissens, der existierenden Vorstellungen und der Überzeugungen des Lerners verstanden. Das Wissen wird vom Lerner als aktives, selbstgesteuertes und selbstreflexives Individuum eigenständig erzeugt und kommt nicht aus einer externen Quelle (TERHART 1999). Dabei interpretiert jedes Individuum ein Objekt auf unterschiedliche Weise, was zu verschiedenen Lernergebnissen führt. Außerdem erlangt die Information nur dann eine Bedeutung

für das Individuum, wenn sie in einen relevanten Kontext eingebettet ist. Um das eigene Lernen zu kontrollieren und darüber zu reflektieren, muss der Lerner über metakognitive Fähigkeiten verfügen (GERSTENMAIER & MANDL 1995).

Conceptual-Change-Theorie


Die Conceptual-Change-Theorie beschäftigt sich mit der Frage, unter welchen Bedingungen Vorstellungen verändert, umorganisiert oder weiterentwickelt werden (STRIKE & POSNER 1992):

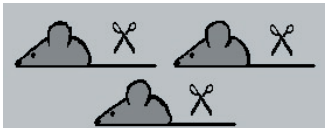


- 1) Es muss Unzufriedenheit mit der existierenden Vorstellung herrschen.
Erst wenn aufgrund von Schwierigkeiten das Vertrauen in ein altes Konzept verloren geht, ist man bereit, eine neue Vorstellung anzunehmen.
- 2) Die neue Vorstellung muss Verständlichkeit besitzen.
Die neue Vorstellung muss rational ergründbar sein, um die neuen Möglichkeiten, die damit verbunden sind, zu erfassen.
- 3) Die neue Vorstellung muss Plausibilität besitzen.
Es gibt fünf alternative Möglichkeiten, dass eine Vorstellung für einen Lerner plausibel erscheint (STRIKE & POSNER 1992): Sie stimmt mit den augenblicklichen metaphysischen Überzeugungen überein, sie passt zu den epistemologischen Verpflichtungen, sie lässt sich mit anderem Wissen und mit vorhergegangenen Erfahrungen vereinbaren, sie lässt ein Bild zu, das mit der eigenen Weltanschauung übereinstimmt und der Lerner stellt fest, dass das neue Konzept Probleme lösen kann.
- 4) Die neue Vorstellung muss Fruchtbarkeit besitzen.
Das neue Konzept sollte ausbaufähig, auf andere Bereiche anwendbar sein und neue Untersuchungsbereiche eröffnen.


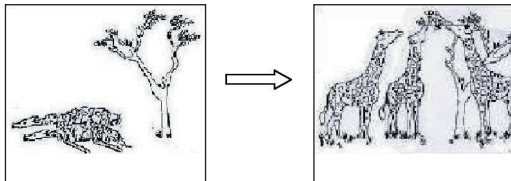
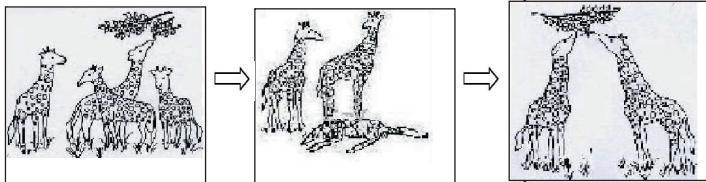
Stellt das neue Konzept eine verständliche und plausible Alternative zu einer bisherigen Vorstellung dar, wird der Lerner versuchen, seine Erfahrungen mit dem neuen Konzept zu erklären. Führt dies sogar zu neuen Einsichten und Entdeckungen, wird die neue Vorstellung fruchtbar erscheinen und behalten werden.


Es hat sich gezeigt, dass die alten Vorstellungen auch nach dem Unterricht noch existieren und weiterhin in gewissen Kontexten angewendet werden. Dies ist damit zu begründen, dass sich die Vorstellungen im Alltag bewährt haben und dort auch weiterhin eine hinreichende Orientierung ermöglichen (DUTT 1995). Aus diesem Grund sollte es das Ziel von Unterricht sein, die Schüler Erfahrungen machen zu lassen, dass die wissenschaftlichen Konzepte kontextabhängig erfolgreicher sind als die lebensweltlichen Vorstellungen.

Tab. 1: Items des Fragebogens und Bereich der befragten Vorstellungen

Item	Fragebogen	Erwartete Vorstellung- gen/Quellen
Fleischfressende Pflanzen, die sich ursprünglich aus nicht-fleischfressenden entwickelten, kommen in nährstoffarmen Gebieten vor. Sie versorgen sich mit Mineralstoffen (1), indem sie kleine Tiere fangen und verdauen.	Wie entstand (2) nach Ihrer Vorstellung die Fähigkeit dieser Pflanzen, Tiere zu fangen?	final, anthropomorph
Anpassung geschieht, weil sie für das Bestehen der Lebewesen notwendig ist.	Das kann ich mir so ... vollständig – überwiegend – teilweise – kaum – gar nicht ... vorstellen.	final / (Biebricher 2002, 11)
Geparden können bis zu 96 km/h laufen, wenn sie ihre Beute jagen. Ihre Vorfahren konnten dagegen nur eine Geschwindigkeit von bis zu 32 km/h erreichen.		final, anthropomorph/ (Bishop & Anderson 1990, 418)
Die Geparden erkannten, dass sie, um ihre Beute zu fangen, schneller laufen mussten.	Das kann ich mir so ... vollständig – überwiegend – teilweise – kaum – gar nicht ... vorstellen.	
Die Geschwindigkeit der Geparden erhöhte sich von Generation zu Generation, bis die Tiere angepasst waren.		
Die Geparden passten sich an, weil es für das Erlegen von Beute notwendig war.		
Die Geparden hatten das Bedürfnis, sich anzupassen.		
Entwicklung erfolgt aus einem Bedürfnis heraus.	Ich stimme zu – stimme nicht zu.	anthropomorph
Entwicklung hängt vom Willen ab.		
Der Mensch steht über allen. Er ist die Krone der Schöpfung.	Das kann ich mir so ... vollständig – überwiegend – teilweise – kaum – gar nicht ... vorstellen.	religiös / (Illner 1999, 176)

Tiere und Pflanzen wurden zum Nutzen des Menschen geschaffen.	Das kann ich mir so ... vollständig – überwiegend – teilweise – kaum – gar nicht ... vorstellen.	religiös / (Illner 1999, 177)
Alle Lebewesen wurden von Gott erschaffen.	Ich stimme zu – stimme nicht zu.	religiös
Alle Lebewesen stammen von einem gemeinsamen Vorfahren ab.	Ich stimme zu – stimme nicht zu.	wissenschaftlich
Bei den Menschen haben sich über Generationen bestimmte Körperteile stärker ausgeprägt, weil sie diese aus Notwendigkeit viel intensiver beansprucht haben.	Das kann ich mir so ... vollständig – überwiegend – teilweise – kaum – gar nicht ... vorstellen.	lamarckistisch / (Papenfuß 2002, 34)
<p>Zum Ende des 19. Jahrhunderts führte der Zoologe August Weismann folgendes Experiment durch (3). Er schnitt Mäusen die Schwänze ab, um festzustellen, welche Auswirkung dies auf die Nachkommen haben würde.</p> 	<p>Wie sahen die unmittelbaren Nachkommen aus? Hier ist eine Maus abgebildet, bevor ihr der Schwanz abgeschnitten wurde.</p>  <p>Bitte kreuzen Sie <u>alle</u> Bilder an, die Ihrer Vorstellung entsprechen. Begründen Sie Ihre Entscheidung. Sie können auch eine andere Lösung ergänzen!</p> 	lamarckistisch / (Jiménez-Aleixandre 1992,60)
Nehmen wir an, der Wissenschaftler schnitt über 20 Generationen allen Mäusen die Schwänze ab.	Wie würden die Mäuse der 21. Generation aussehen? Antwortvorgaben wie oben.	

Die Schleiereule ernährt sich hauptsächlich von Mäusen. stellen Sie sich vor, sie hätte sich darauf spezialisiert, die Mäuse am Schwanz zu fangen. Wie würden die Mäuse aussehen, die in einem Gebiet leben, in dem es seit Jahrhunderten sehr viele Schleiereulen gibt?		lamarckistisch, Faktor Zeit, final / (JIMÉNEZ-ALEIX-ANDRE, 1992, 60)
Alle (4) Mäuse würden mit einem „normal“ langen Schwanz geboren werden.	Bitte kreuzen Sie die Antwort an, wenn sie Ihrer Vorstellung entspricht. Begründen Sie Ihre Entscheidung! Sie können auch eine andere Lösung ergänzen!	
Alle Mäuse würden mit einem verkürzten Schwanz geboren werden.		
Alle Mäuse würden ohne Schwanz geboren werden.		
Alle Mäuse würden mit einem deutlich längeren Schwanz geboren werden.		
Es ist bekannt, dass die Vorfahren der heutigen Giraffen Waldbewohner (5) mit kurzen Hälsen waren. Wie erklären Sie sich die Entstehung des langen Halses der heute lebenden Giraffen?		Bitte kreuzen Sie die Aussage an, wenn sie Ihrer Vorstellung entspricht! Begründen Sie bitte Ihre Entscheidung.
Die kurzhalsigen Vorfahren der Giraffen starben aufgrund geologischer Katastrophen aus. Nach diesen Katastrophen besiedelten neu geschaffene Giraffen mit längeren Hälsen die verwüstete Region neu.		
Die Halslänge der kurzhalsigen Vorfahren der Giraffen war unterschiedlich. Die Giraffen mit den längeren Hälsen konnten das Laub hoher Bäume fressen. Sie hatten deshalb einen Auslesevorteil und pflanzten sich erfolgreicher fort. So nahm die Anzahl der Giraffen mit längerem Hals immer mehr zu.		
		Katastrophen-theorie (Cuvier), Selektions-theorie (Darwin), erste Evolutionstheorie (Lamarck)

Waldbewohnende, kurzhalsige Vorfahren der Giraffen mussten den Hals strecken, um an das Laub der Bäume heranzukommen. Durch den ständigen Gebrauch wurde der Hals länger. Sie vererbten diese Veränderung an ihre Nachkommen.		Fortführung von Seite 32
		
Die Entwicklung der Lebewesen hängt vom Zufall ab.	Ich stimme zu - stimme nicht zu	wissen- schaft- lich
Die Entwicklung der Lebewesen hängt von Mutation und Selektion ab.		
Natürliche Veränderungen benötigen viele Generationen.	Das kann ich mir so ... vollständig ... überwiegend ... teil- weise ... kaum ... gar nicht ... vorstellen	Faktor Zeit / BIEB- RICHER 2002, 27)

Anmerkungen 1-5 zu Tabelle 1:

- (1): Hier Stickstoff und Phosphor (Sitte et al. 1998)
- (2): Erwartet wird eine phylogenetische Antwort. Besser wäre gewesen zu fragen: Wie entwickelte sich...
- (3): Das historische Beispiel zeigt die wissenschaftlichen Hypothesen dieser Zeit, zum anderen das methodische Vorgehen und liefert darüber hinaus Anregungen für tierethische Betrachtungen.
- (4): Auf Variabilität innerhalb einer Mäusepopulation wurde hier, die Antworten vereinfachend, nicht eingegangen. In den Begründungen/Ergänzungen wurde dieser Aspekt von den Schülern nicht problematisiert.
- (5): Giraffen waren als Paarhufer eher Tiere der offenen Landschaften und sind in die Wälder eingewandert.

Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion

Die Didaktische Rekonstruktion bildet einen Rahmen zur Beantwortung der Frage, wie bestimmte Inhalte sinnvoll unterrichtet werden können. In diesem Zusammenhang werden im fachdidaktischen Triplet die drei Module „Erfassen der Lernerperspektiven“, „Fachliche Klärung“ und „Didaktische Strukturierung“ in Beziehung gesetzt. Aus methodischer Sicht handelt es sich bei der „Fachlichen Klärung“ um eine hermeneutisch-analytische, beim „Erfassen der Lernerperspektiven“ um eine empirische und bei der „Didaktischen Strukturierung“ um eine konstruktive Aufgabe (KATTMANN et al. 1997).

3 Fragestellungen der Arbeit

Die drei wesentlichen Fragen der Studie lauten:

1. Über welche Vorstellungen zur Evolution verfügen Schüler der 10., 11. und 12. Klasse und in welchen Häufigkeiten treten sie auf?
2. Gibt es prominente Vorstellungen, die im Unterricht zu berücksichtigen sind?
3. Unterscheiden sich die Vorstellungen der einzelnen Klassenstufen voneinander?

4 Untersuchungsmethode

Als Instrument zur quantitativen Erhebung der Schülervorstellungen wurde der Fragebogen ausgewählt. Dabei wurden Aufgaben mit freiem Antwortformat und gebundene Aufgaben verwendet (Tab. 1). Die gebundenen Aufgaben unterteilen sich in Aufgaben mit dichotomen Antwortformaten und Ratingformat mit einer fünfstufigen, bipolaren Likert-Skala (BORTZ & DÖRING 2002, 176f. und 222 ff.).

Die Untersuchung wurde zu Beginn des Winterschulhalbjahres 2003 an zwei Berliner Gymnasien durchgeführt. Insgesamt wurden 306 Schüler befragt, in der 10. Klasse (n=100) ohne bisher erteilten Evolutionsunterricht sowie in der 11. (n=104) bzw. 12. Klassenstufe (n=102) mit bereits durchgeführtem Evolutionsunterricht. Unter den Probanden befanden sich 184 weibliche und 120 männliche Schüler. Zwei Schüler gaben ihr Geschlecht nicht an. Der Fragebogen wurde in einem Vortest optimiert. Die Befragung dauerte etwa 45 Minuten.

Die quantitative Auswertung der Daten erfolgte mit dem Computerprogramm SPSS 11.5. Signifikanzen wurden mit bivariaten Zusammenhangsmaßen, mit dem Chi2-Test sowie dem Mann-Whitney-Test ermittelt. Zur Dimensionsreduktion wurde ferner eine Faktorenanalyse durchgeführt (BORTZ & DÖRING 2002).

5 Ergebnisse

5.1 Finale Vorstellungen

Die Entstehung der carnivoren Pflanzen begründete etwa 50% aller befragten Schüler final. Beispiele für finale Schüleräußerungen waren: Fleischfressende Pflanzen mussten Tiere fangen,

- weil sie sonst keine Nährstoffe bekommen hätten,
- um ihren Nahrungsbedarf zu decken,
- um die Art zu bewahren.

Außerdem stimmten über 70 % der Schüler aller Klassenstufen der Aussage zu, die Geparden passten sich an, weil es für das Erlegen von Beute notwendig war. Nahezu alle Schüler glaubten, dass Anpassung erfolgt, weil sie für das Bestehe der

Lebewesen notwendig ist.

Die Erläuterungen zu den Antworten bei der „Eulenaufgabe“ lieferten bei gut 33 % der Schüler jeder Klassenstufe finale Begründungen, wie zum Beispiel:

Die Mäuse veränderten sich,

- zum Schutz,
- um ihren Feinden zu entgehen.

5.2 Anthropomorphe Vorstellungen

Anthropomorphe Begründungen für die Entstehung carnivoror Pflanzen gehen mit zunehmendem Alter der Schüler signifikant zurück ($p \leq 0,001$; Abb. 1).

Entsprechende Begründungen waren: Fleischfressende Pflanzen entstanden,

- weil die Pflanze erkannte, dass es ihr dadurch besser ging,
- weil sich die Pflanzen dachten: „Wir müssen was verändern.“,
- weil sie merkten, dass sie sich auch von Tieren ernähren können.

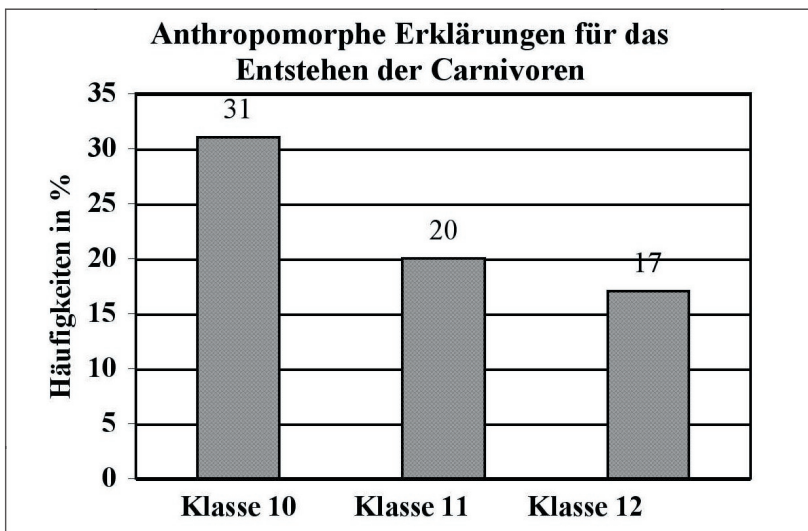


Abb. 1: Häufigkeiten der anthropomorphen Begründungen in den verschiedenen Klassenstufen für das Entstehen der carnivoror Pflanzen [Klasse 10: n=81; Klasse 11: n=90; Klasse 12: n=88]

Ein entsprechendes Ergebnis (s. Abb. 1) lieferte die Verteilung der Antworten der Schüler zur Aussage, die Entwicklung der Lebewesen erfolgt aus einem Bedürfnis heraus. Die Aussage, die Entwicklung hängt vom Willen ab, hielten dagegen nur ca. 10 % aller Schüler für zutreffend.

5.3 Religiöse Vorstellungen

Ein starker religiöser Hintergrund wurde in der 10. Klasse von 19 %, in der 11. Klasse von 12 % und in der 12. Klasse von 8 % der Schüler angegeben. In den Klassenstufen 10 bis 12 drückten die Schüler mit abnehmender Häufigkeit die Meinung aus, alle Lebewesen seien von Gott erschaffen (Abb. 2). Die dazu im Widerspruch stehende Vorstellung, dass alle Lebewesen von einem gemeinsamen Vorfahren abstammen, wurde von ca. 50 % dieser Schüler zusätzlich geäußert (Abb. 2). Die Aussagen, der Mensch stehe als Krone der Schöpfung über allen, Tiere und Pflanzen seien für den Menschen geschaffen worden und alle Lebewesen seien von Gott geschaffen worden, korrelierten signifikant mit der Selbsteinschätzung der Schüler zur Religiosität ($r = 0,163$, $r = 0,295$ bzw. $r = 0,497$; $p \leq 0,01$).

5.4 Lamarckistische Vorstellungen

Fast drei Viertel der Schüler aller Klassenstufen stimmten in einem hohen Maße der Aussage zu, dass sich im Laufe der Zeit durch Beanspruchung einige Körperteile der Menschen stärker entwickelten.

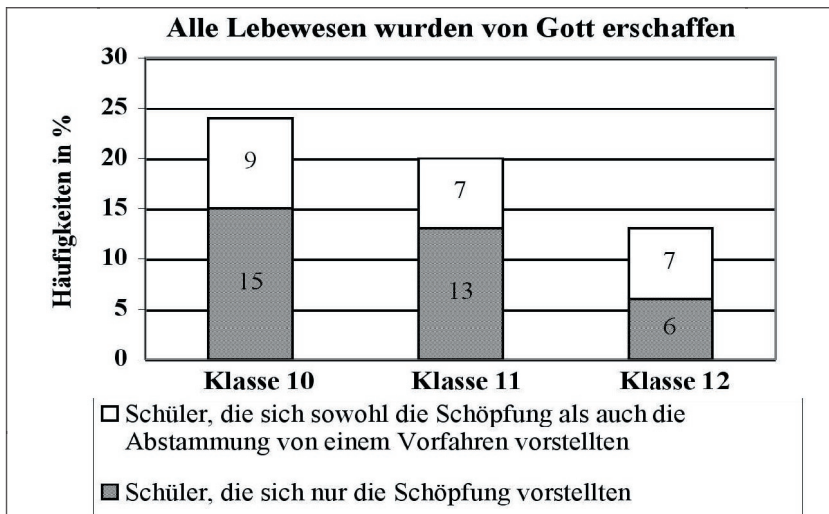


Abb. 2: Häufigkeiten der Schülervorstellungen verschiedener Klassenstufen, die sich nur die Schöpfung von einem Gott vorstellten bzw. zusätzlich auch noch die Abstammung von einem Vorfahren [Klasse 10: $n=100$; Klasse 11: $n=104$; Klasse 12: $n=101$].

In Anlehnung an die Versuche von A. Weismann sollten sich die Schüler für eine von vier Antwortalternativen entscheiden und diese begründen. Es ging darum,

welche Auswirkung das Abschneiden des Mäuseschwanzes auf die Nachkommen in der unmittelbar nächsten Generation hat. Der überwiegende Anteil der Schüler (Klasse 10: 86 %, Klasse 11/12: 97 %; $p \leq 0,001$) erwartete, dass der Schwanz der Mäuse trotz des Abschneidens des elterlichen Schwanzes normal lang bleibt. Viele Schüler begründeten ihre Entscheidung damit, dass auch Menschen, die ein Körperteil verlieren, gesunde Kinder zu Welt bringen.

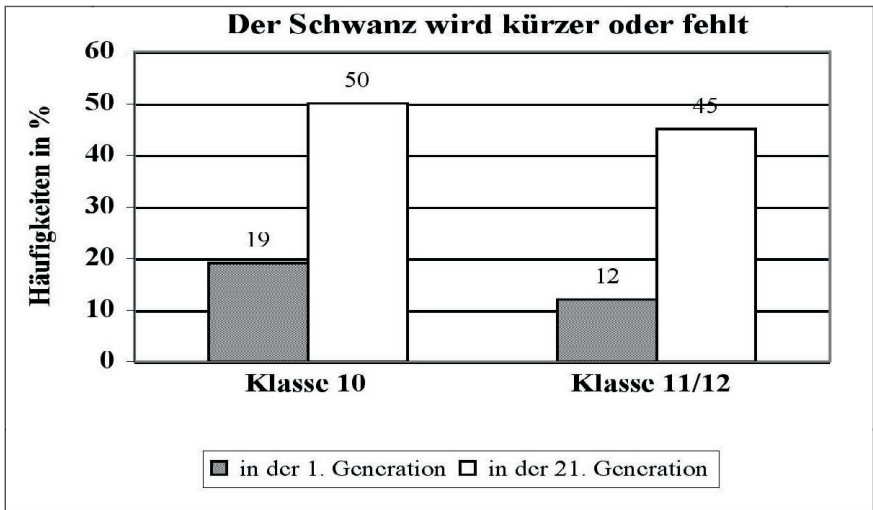


Abb. 3: Häufigkeiten der Zustimmung der Schüler, die sich nach einer bzw. 21 Generationen für einen verkürzten und/oder fehlenden Mäuseschwanz entschieden [Klasse 10: $n=100$; Klasse 11/12: $n=202$].

In der Weiterführung der Problemstellung ging es darum, wie der Schwanz der Mäuse der 21. Generation aussähe, wenn er in 20 aufeinander folgenden Generationen abgeschnitten würde. Insgesamt stellten sich signifikant weniger Schüler als bei der vorangegangenen Betrachtung einen normal langen Schwanz in der 21. Generation vor ($p \leq 0,01$). Entsprechend nahm der Anteil der Schüler, die sich eine Verkürzung des Schwanzes bis hin zum vollständigen Fehlen des Schwanzes vorstellen konnten, deutlich zu (Abb. 3).

Lebensweltlich geprägte Vorstellungen lauteten: Der Schwanz bleibt normal lang, weil

- die Maus ihn braucht,
- sie einen Vorteil dadurch hat,
- der Schwanz wieder nachwächst.

Der Schwanz wird verkürzt oder fehlt, weil

- die Gene durch das Abschneiden verändert wurden,
- die Benutzung unwichtiger wird.

Betrachtet man das Antwortverhalten der Schüler unter dem Gesichtspunkt, eine fachlich angemessene Perspektive zu finden, so fiel auf, dass nur relativ wenig Schüler sich ausschließlich für einen normal langen Schwanz sowohl in der 1. Generation als auch in der 21. Generation entschieden. Diese Vorstellung drückten in der 10. Klasse 41 % der Schüler aus, davon nur 73 % mit wissenschaftlichen oder wissenschaftsorientierten Begründungen, in der Oberstufe 53 % der Schüler, davon nur 79 % mit wissenschaftlichen oder wissenschaftsorientierten Begründungen. Im Zusammenhang mit der Problemstellung „Bejagung durch Eulen“ stellten sich 64 % der Zehnklässler und mit 73 % signifikant mehr Oberstufenschüler eine Verkürzung des Mäuseschwanzes vor ($p \leq 0,01$). Die Begründungen ihrer Antworten konnten drei Kategorien zugeordnet werden:

1. Finale Begründungen (s. 5.1)
2. Anpassung (häufig in der 10. Klasse (25 %); nahezu fehlend in der 11. Klasse (3 %); 12. Klasse (16 %)): Der Schwanz wird kürzer oder fehlt durch Anpassung. Es wird keine Erklärung gegeben, wie es zu der Anpassung kommt.
3. Selektion² (wissenschaftsorientierte Begründung; nahezu fehlend in der 10. Klasse (8 %); stark vertreten in der 11. Klasse (31 %) und 12. Klasse (48 %)): Der verkürzte oder fehlende Schwanz setzt sich wegen natürlicher Selektion durch. In dieser Kategorie wurde die Vorstellung häufig damit begründet, dass Mäuse
 - mit einem kurzen Schwanz seltener gefangen werden,
 - bessere Überlebenschancen haben und sich dadurch besser fortpflanzen können,
 - mit einem normalen Schwanz ausstarben.

5.4.1 Cuvier, Lamarck oder Darwin?

Die Schüler sollten entscheiden und begründen, welche Evolutionstheorie sie für zutreffend hielten. Dabei sollten sie zwischen der Katastrophentheorie von Cuvier, der Selektionstheorie von Darwin und der Theorie von Lamarck auswählen.

Viele Schüler wählten mehrere Theorien gleichzeitig aus. Die Mehrheit aller Schüler stimmte der Theorie von Darwin zu (Tab. 2). Signifikant mehr Schüler

² Viele Schüler erwähnen in ihren Begründungen nicht, dass der veränderte Schwanz durch Mutation entstend, sondern nur, dass er sich durch Selektion durchsetzte. Deshalb wird diese Kategorie nur Selektion genannt.

der 10. Klasse als der Oberstufe stimmten der Theorie von Lamarck zu ($p \leq 0,001$). Ausschließlich für die Theorie von Lamarck entschieden sich 26 % der Zehntklässler und mit 16% signifikant weniger Oberstufenschüler ($p \leq 0,001$). Die Theorie von Cuvier wurde nur von einem Bruchteil der Schüler ausgewählt.

Zwar entschieden sich 45 % der Zehnt-, 61 % der Elft- und 62 % der

Tab. 2: Häufigkeiten der Zustimmungen verschiedener Klassenstufen zu den Theorien von Cuvier, Lamarck und Darwin. Mehrfachantworten waren möglich. [Klasse 10: n=98, Klasse 11: n=104; Klasse 12: n=100]

Theorie	Häufigkeiten in %		
	Klasse 10	Klasse 11	Klasse 12
Cuvier	8	4	2
Lamarck	50	38	35
Darwin	71	85	83

Zwölftklässler ausschließlich für die Theorie von Darwin (signifikanter Unterschied zwischen 10. Klasse und Oberstufe, $p \leq 0,001$), wissenschaftlich angemessen begründeten ihre Wahl allerdings nur 26 % der Zehntklässler, 41 % der Elftklässler und 53 % der Zwölftklässler. Die Zunahme angemessener Begründungen über die Klassenstufen ist signifikant (10. zu 11. Klasse: $p \leq 0,001$, 11. zu 12. Klasse: $p \leq 0,05$).

5.5 Wissenschaftliche Vorstellungen

In einer geschlossenen Frage hielten 50 % der Zehntklässler und 90 % der Oberstufenschüler die Bedeutung von Mutation und Selektion für die Entwicklung der Lebewesen für wichtig (Abb. 4). Der Unterschied zwischen beiden Gruppen ist signifikant ($p \leq 0,001$). In einer offenen Frage griffen allerdings lediglich 14 % aller Oberstufenschüler und nur ein Schüler der 10. Klasse in der Begründung zur Entstehung der carnivoren Pflanzen auf Mutation und Selektion zurück (Abb. 4).

In der 10. Klasse (19 %) erkannten signifikant weniger Schüler als in der Oberstufe (38 %) die Rolle, die der Zufall bei der Entwicklung der Lebewesen spielt ($p \leq 0,001$).

Die folgenden Aussagen, in denen der Faktor Zeit eine Rolle spielt, fanden unter den Schülern aller Klassenstufen hohe Zustimmung:

- Natürliche Veränderungen dauern viele Generationen (75 %).
- Die Entstehung von Vielfalt innerhalb der Natur bedarf langer Zeiträume (87 %).

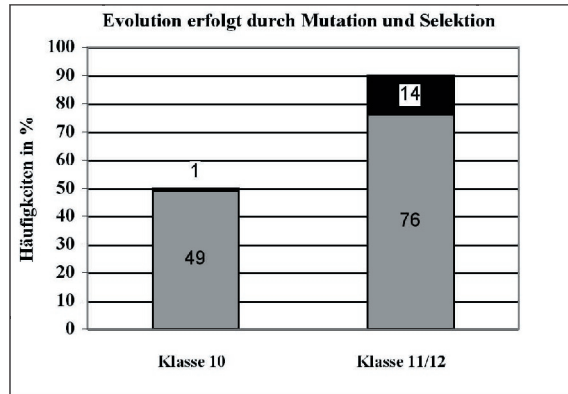


Abb. 4: Häufigkeiten der Schüler, die sich in einer geschlossenen Aufgabe Evolution durch Mutation und Selektion vorstellen konnten. Zusätzlich ist die Häufigkeit der Schüler dargestellt, die auch in einer offenen Aufgabe die Bedeutung von Mutation und Selektion erkannten (schwarzer Balkenabschnitt) [Klasse 10: n=81; Klasse 11/12: n=177]

6 Diskussion

6.1 Finale Vorstellungen

In verschiedenen Items stimmten die Schüler finalen Aussagen zu oder griffen selbst zu Erklärungen mit finalem Charakter. Es wird deutlich, dass sich die Vorstellungen der Mittel- und Oberstufenschüler in diesem Bereich kaum voneinander unterscheiden. Demnach bleibt der Unterricht bezogen auf den Abbau finaler Vorstellungen erfolglos.

Es ist interessant, dass die beiden sich scheinbar widersprechenden Vorstellungen „Anpassung erfolgt, weil sie für das Bestehen der Lebewesen notwendig ist“ und „Entwicklung hängt von Mutation und Selektion ab“ von nahezu allen Oberstufenschülern vollständige Zustimmung erhielten. Schüler lösen diesen Widerspruch womöglich damit auf, dass sie die Zufälligkeit der Mutation nicht berücksichtigen und davon ausgehen, Mutationen würden aus Notwendigkeit entstehen. Es ist natürlich auch nicht auszuschließen, dass sie der zweiten Aussage ohne besonderes Nachdenken und Verständnis zugestimmt haben, weil sie wissenschaftlich klingt und die besonderen Schlüsselwörter „Mutation“ und „Selektion“ enthält.

Finale Vorstellungen bleiben bei Schülern auch nach dem Evolutionsunterricht

bestehen. In einer Studie (BRUMBY 1984) wurden Medizinstudenten des ersten Studienjahres zur Selektion befragt. Es zeigte sich dabei, dass die Mehrheit der Studenten die Schule in dem Glauben verlassen hatte, evolutionäre Veränderungen seien ein Ergebnis von Notwendigkeit. Die Beständigkeit finaler Vorstellungen wird auch durch eine Studie von BISHOP und ANDERSON (1990) belegt. Hier zeigte sich bei College-Studenten, dass sie weniger Mutation und Selektion für die Veränderung der Merkmale verantwortlich machten als die Umwelt. So führe die Umwelt dazu, dass Individuen neue Eigenschaften entwickelten, weil sie diese zum Überleben brauchten. Obwohl in dieser Untersuchung der Unterricht nach den zuvor ermittelten Vorstellungen der Lerner gestaltet wurde, konnte ein erheblicher Teil der Studenten Evolution nicht wissenschaftlich erklären.

Andere Ergebnisse zeigte eine Untersuchung von SETTLAGE (1994), in der sich Schüler der 9. bis 12. Klasse vor und nach dem Unterricht schriftlich zur Selektion äußerten. Aus dem Vortest ging hervor, dass die meisten Schüler final antworteten. Lamarckistische Vorstellungen kamen am zweithäufigsten vor. Im Nachtest dagegen war eine Verschiebung von finalen und lamarckistischen Erklärungen in Richtung zu wissenschaftlichen Argumentationen zu beobachten. Diese Studie zeigte, dass es Möglichkeiten gibt, die Vorstellungen der Schüler durch Unterricht in eine wissenschaftliche Richtung zu lenken. Leider geht aus der Untersuchung nicht explizit hervor, mit welchen Methoden eine Verschiebung der Vorstellungen erreicht wurde.

Empfehlung

Da viele Schüler Schwierigkeiten mit dem Begriff „Anpassung“ haben, ist es wichtig, den Begriff sprachlich genau zu differenzieren. Das Wort „Anpassung“ sollte nur den Prozess beschreiben. Das Ergebnis des Anpassungsprozesses - der Zustand - sollte dagegen als „Angepasstheit“ bezeichnet werden (SCHROOTEN 1981). Auf die Verwendung der Verbform „sich anpassen“ sollte verzichtet werden. Ferner ist es sinnvoll, zwischen der Anpassung durch Selektion, also der stammesgeschichtlichen Anpassung von Populationen bzw. Arten, und der Anpassung durch eine physiologische Reaktion, der individuellen Anpassung, zu unterscheiden (BECKER 1998).

Schüler stellen sich „Anpassung“ in Anlehnung an Erfahrungen mit dem eigenen Anpassungsverhalten als eine Aktivität des Individuums vor, weshalb sie die passive Form der Anpassung als „angepasst werden“ häufig nicht verstehen. Im finalen Anpassungsprozess wird außerdem übersehen, dass Lebewesen in der

Evolution nicht nur an ihre Umwelt angepasst wurden, sondern sie diese auch verändert haben (BAALMANN et al. 2004, 18). Die Autoren schlagen vor, von Anpassung der Lebewesen an die Umwelt und in Hinblick auf die Veränderungen der Umwelt von Aneignung durch die Lebewesen zu sprechen. Selektion ist demnach das Ergebnis der Wechselbeziehungen zwischen den Lebewesen und ihrer Umwelt. Sie verweisen ferner darauf, dass weder bei Anpassung noch bei Aneignung zielgerichtete Faktoren eine Rolle spielen. Anknüpfungen an Lernervorstellungen ergeben sich in Bezug auf die Tätigkeit der Lebewesen, wobei insbesondere finale Aussagen kritisch reflektiert werden sollten (BAALMANN et al. 2004, 18).

Ferner sollte im Unterricht weniger die Angepasstheit der Organismen als die Grenzen und Beschränktheiten der Anpassungsprozesse herausgearbeitet werden. Indem die Begrenztheit der Angepasstheit aufgezeigt wird, können finale Deutungen abgebaut werden (KATTMANN 1992, 1995).

Auch so genannte „Warum-Fragen“ (Warum haben Giraffen so lange Hälse?) können zu finalen Denkweisen (... um besser an Nahrung zu kommen.) führen. Daher sollten „Warum-Fragen“ immer aufgeschlüsselt werden in die Frage nach der unmittelbaren Wirkursache (Wie entstehen die langen Hälse der Giraffen? Z.B.: Genetisches Programm ermöglicht das Wachstum.) und nach der biologischen Bedeutung (Welche Bedeutung hat der lange Hals für die Giraffe? Z.B.: ... erreicht auch Blätter in hohen Baumregionen.) (ESCHENHAGEN 1976).

Schließlich sollte der Biologieunterricht um die historische Betrachtungsweise ergänzt werden. Das Leben auf der Erde ist auch mit ihrer Geschichte zu erklären. Als Geschichte ist Evolution nicht die Abfolge von Formen, sondern eine Folge von Ereignissen. Wird die Erdgeschichte nicht berücksichtigt, kann die Vorstellung der Zweckmäßigkeit, der Zielgerichtetheit und des Fortschritts der Evolution entstehen (KATTMANN 1995).

6.2 Anthropomorphe Vorstellungen

Zehntklässler argumentieren häufiger anthropomorph als Oberstufenschüler. Offensichtlich nehmen anthropomorphe Erklärungen mit zunehmendem Alter ab. Piaget stellte in Untersuchungen mit Kindern zwischen drei und 13 Jahren fest, dass das animistische Denken, wozu er anthropomorphes Denken zählt, mit zunehmendem Alter zurückgeht. Er war sich allerdings auch darüber bewusst, dass dieses Denken nicht mit dem 12. Lebensjahr verschwindet (vgl. GEBHARD 1994). Offensichtlich gelingt es auch dem üblichen Biologieunterricht nicht, die Schüler

von der anthropomorphen Denkweise wegzuführen, denn immerhin knapp ein Viertel der Oberstufenschüler begründet noch anthropomorph.

Anthropomorphe Erklärungen traten auch in der Untersuchung von BAALMANN et al. (2004) auf, insbesondere bei Vorstellungen, die unter der Denkfigur „Gezieltes adaptives Handeln von Individuen“ zusammengefasst wurden. Viele Schüler stellten sich dort vor, dass Individuen sich anpassen können, indem sie absichtsvoll handeln. Evolution hängt von der Fähigkeit der Organismen ab, Erkenntnisse über die eigene Situation zu erlangen (BAALMANN et al. 2004, 10). Dabei übertrugen die Schüler diese Erklärungen nicht nur auf Tiere sondern auch auf Pflanzen. Dies deckt sich mit den hier vorgestellten Begründungen zu der Entstehung carnivorier Pflanzen, die bis zu 30% der Schüler einer Klassenstufe anthropomorph erklärten.

Auch die Studie von ENGEL CLOUGH und WOOD-ROBINSON (1985, in SCHILKE & LEHRKE 1994) zeigte, dass für englische Schüler zwischen 12 und 16 Jahren Anpassung ein bewusster Effekt als Reaktion auf eine veränderte Umwelt ist. Die Hälfte der untersuchten Schüler antwortete auf zwei sich auf Anpassung beziehende Fragen anthropomorph oder teleologisch.

In der Studie von HALLDÉN (1988) verwendeten viele Schüler das Wort „Anpassung“ ohne zwischen der Anpassung auf Individuenebene und Artebene zu unterscheiden. Nach HALLDÉN kann Anpassung als eine Handlung des Willens erscheinen, wenn diese Unterscheidung nicht erfolgt. Der Autor führt die Entstehung anthropomorpher Erklärungen auf eine Personifikation der Art zurück, die durch eine mangelnde Differenzierung zwischen der Individuen- und der Artebene entsteht. Außerdem wird dadurch die Art wie ein Individuum gesehen, das sich als Einheit verändert.

Empfehlung

Im Unterricht sollte das Populationsdenken im Vordergrund stehen. Eine besondere Rolle sollten populationsbezogene Prozesse wie Mutation, Selektion, Isolation sowie Populationsveränderungen im Unterricht spielen. Erst nachdem die Dynamik der Evolution behandelt wurde, sollte auf die Verwandtschaft und Abstammung eingegangen werden (KATTMANN 1992).

Ferner sollte der Variabilität mehr Bedeutung im Unterricht beigemessen werden (KATTMANN 1992). Allerdings ist wegen der Uneindeutigkeit des Terminus „Variabilität“, der sowohl einen Zustand (genetische Vielfalt) als auch einen Prozess (genetische Veränderlichkeit von Populationen) bezeichnen kann, im

Unterricht zwischen diesen beiden Komponenten deutlich zu unterscheiden (KATTMANN 1998). Dies bedeutet einerseits, Schüler die Bandbreite an existierenden Mutanten in einer Population an anschaulichen Beispielen erkennen zu lassen und daran ggf. den Unterschied zwischen phänotypischer und genetischer Variabilität herausstellen zu lassen. Andererseits sollte den Schülern Gelegenheit gegeben werden, sich die Veränderungen in einer Population durch Verschiebungen der Anteile von Mutanten bzw. den Allelfrequenzen durch Mutation, Selektion, Migration und Zufallswirkungen in einer Population zu erarbeiten. Um den Anpassungsprozess als einen statistischen Prozess zu erfassen, ist es nötig, auf die Populationsebene zu gehen. Dabei betonen KATTMANN et al. (im Druck) die Variation der Nachkommen und formulieren den Prozess als „Anpassung durch abweichende Nachkommen“. Damit wird versucht, die individuell beabsichtigte Anpassung auszuschließen.

6.3 Religiöse Vorstellungen

Es gab Schüler, die an die Schöpfung glaubten und sich gleichzeitig auch die Abstammung von einem gemeinsamen Vorfahren vorstellen konnten. Eine Erklärung für das konfliktfreie Vorstellen zweier derart gegensätzlicher Theorien könnte darin bestehen, dass Gott die ersten Lebewesen geschaffen hat, von denen alle heute existierenden Lebewesen, auch neue Formen, abstammen.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen auch LAWSON und WORSNOP (1992, in SCHILKE & LEHRKE 1994), in deren Studie Schüler äußerten, Genesis sei die beste Ursache dafür, wie die Erde geschaffen und mit Leben bevölkert wurde. Aus der Untersuchung geht hervor, dass sich bei vielen Schülern der Glaube an die Schöpfungstheorie und Vorstellungen über die Evolution nicht ausschließen. So lehnte die Mehrzahl der Schüler die Aussage ab, dass die Organismen heute genauso aussehen würden wie zu der Zeit, als sie das erste Mal auf der Erde erschienen (SCHILKE & LEHRKE 1994).

Die Studien von BISHOP und ANDERSON (1990) und DEMASTES et al. (1995) ergaben keine Korrelation zwischen Glaubensaussagen und der Fähigkeit, ein wissenschaftliches Verständnis der Evolutionstheorie zu entwickeln. ILLNER (1999), die sich mit dem Einfluss von Religion auf die evolutionsbiologischen Konzepte Berliner Schüler befasste, fand ebenfalls, dass die Religiosität deutscher Schüler nicht die Akzeptanz der Evolutionsbiologie beeinflusst.

Etwas anders stellen sich die Ergebnisse unserer Studie dar, wo nahezu alle Schüler mit einem starken religiösen Hintergrund gleichzeitig andere

naturwissenschaftliche Vorstellungen ablehnten. Allerdings fand auch bei diesen Schülern die explizit angebotene Theorie von Cuvier nur eine geringe Zustimmung.

Empfehlung

Religiöse Vorstellungen wie die Schöpfungstheorie müssen im Unterricht ernst genommen werden. Sie können sogar fruchtbar sein, indem Sinnfragen, die mit der Schöpfung und der Evolution verbunden sind, diskutiert werden (KATTMANN 1992). Dies wird sicherlich dann von Bedeutung sein, wenn der Anteil an stark religiösen Schülern deutlich höher liegt, als in der hier untersuchten Schülerpopulation.

6.4 Lamarckistische Vorstellungen

Die Vorstellungen, die Lamarck einst hatte, sind auch heute noch stark verbreitet. Sie scheinen so einleuchtend zu sein, dass sie sogar dann noch fortbestehen, wenn die Schüler auf diesem Gebiet unterrichtet wurden.

In einer Studie (BISHOP & ANDERSON 1990) äußerten College-Studenten, nachdem sie Unterricht erhielten, der nach den zuvor ermittelten Vorstellungen der Schüler gestaltet wurde, eine Art veränderte sich dadurch, dass ihre Individuen einige Organe gebrauchen und andere nicht. BISHOP und ANDERSON (1990) führen die von den lamarckistischen Vorstellungen ausgehende Anziehung auf die mangelnde Fähigkeit der Studenten zurück, kausale von funktionalen Erklärungen zu unterscheiden. Sie bringen zum Ausdruck, dass für viele Studenten die Erklärung der Funktion eines Merkmals bereits ausreicht, um die Entstehung des Merkmals zu begründen. Es ist möglich, dass finale Vorstellungen aus einem ähnlichen Grund so plausibel sind. In diesem Fall führt die Notwendigkeit eines Merkmals zu der Entstehung desselben.

BRUMBY (1984) sieht in lamarckistischen Vorstellungen weitaus mehr als einen einfachen Irrtum, der leicht korrigiert werden kann. Für die Autorin erwachsen die Vorstellungen aus der Beobachtung, dass Individuen ihre Eigenschaften während ihres Lebens verändern, und der falschen Interpretation, dass diese erworbenen Eigenschaften genetisch weitergeben werden können. Die genetische Perspektive wird damit mit ins Kalkül gezogen, der bedeutsame Unterschied zwischen einer gerichtet hervorgerufenen Mutation und einer spontanen Mutation aber übersehen.

Bei der Auswahl der Evolutionstheorien zeigte sich, dass die Hälfte der Schüler der 10. Klasse sowie etwa ein Drittel der Oberstufenschüler die Theorie von

Lamarck wählten. Ausschließlich für die Theorie von Lamarck entschieden sich in der 10. Klasse ein Viertel und in der Oberstufe 16% der Schüler. Es ist ein Rückgang der lamarckistischen Vorstellungen von der 10. Klasse bis zur Oberstufe zu erkennen, der wahrscheinlich auf den Biologieunterricht zurückzuführen ist. Die meisten Schüler dürften im Evolutionsunterricht die Theorie von Darwin mit der von Lamarck anhand des Giraffenbeispiels verglichen haben, so dass die Oberstufenschüler die beigelegten Bilder wieder erkennen konnten. Danach haben die meisten Schüler aus dem Unterricht mitgenommen, dass aus biologischer Sicht Darwins Theorie der Vorzug zu geben ist. Allerdings waren die meisten Schüler in ihrer Vorstellung nicht sehr gefestigt, denn sie begründeten ihre Entscheidungen in den offenen Aufgaben häufig mit lamarckistischen Auffassungen.

Bei den Versuchen von A. Weismann stellte sich nur ein relativ kleiner Teil aller Schüler fachlich nicht angemessen in der ersten Generation eine Maus mit verkürztem Schwanz vor. Allerdings nahm etwa ein Drittel aller Schüler in der 21. Generation einen verkürzten Schwanz der Mäuse an. Offensichtlich verstärkt der Faktor Zeit und damit die Zweidimensionalität des Problems, einerseits erworbene Eigenschaften zu vererben und andererseits die über lange Zeiträume potentiell wirkende Selektion, diesen Rückgriff auf eine bereits hinterfragte Argumentation. Wie diese Ergebnisse zeigen, erfolgt durch den Unterricht in vielen Fällen keine sichere Verschiebung der Vorstellungen in eine wissenschaftliche Richtung.

Empfehlung

Im Grunde müsste man im Unterricht Lamarcks Theorie unter wissenschaftshistorischem Blickwinkel aufarbeiten und damit die Lernenden zu mehr physiologisch-kausalem Denken anleiten (BAALMANN et al. 2004, 17). Erscheint dieser Weg zu zeitaufwändig, wird man Schülern wohl nur über die direkt im Unterricht artikulierten Vorstellungen eine Chance geben, dass sie lamarckistische Vorstellungen erkennen, reflektieren und ggf. im biologischen Kontext vermeiden lernen.

6.5 Wissenschaftliche Vorstellungen

Offenbar ist der Biologieunterricht dafür verantwortlich, dass fast alle Schüler der Oberstufe evolutionäre Veränderungen auf Mutation und Selektion zurückführten. Die Ergebnisse der gebundenen Aufgabe werden durch eine offene Frage relativiert, in deren Begründung nur 14 % der Oberstufenschüler auf Mutation und Selektion zurückgriffen. Dies bestätigt die schon oben aufgestellte Vermutung, dass der Aussage über Mutation und Selektion nur deshalb zugestimmt wurde,

weil sie offensichtlich wissenschaftlich klingt. Häufig übersehen Schüler den Faktor ungerichteter Mutation. Dies macht KATTMANN (1992) unter anderem dafür verantwortlich, dass das Konzept der Selektion missverstanden wird.

Fast drei Viertel der Oberstufenschüler und knapp zwei Drittel der Zehntklässler waren der Meinung, der Schwanz der von Eulen gejagten Mäuse würde sich verkürzen. Ein Drittel aller Schüler glaubte, er würde vollständig fehlen. Diese Ergebnisse suggerieren, dass fast alle Schüler bei dieser Aufgabe wissenschaftlich oder wissenschaftsorientiert entschieden. Tatsächlich aber waren die Begründungen unvollständig oder zum Teil unangemessen. So spielte zum Beispiel der Faktor „Mutation“ in der Argumentation nahezu keine Rolle.

Offenbar werden durch den Unterricht bestimmte Inhalte gelernt, die auch reproduziert, nicht jedoch auf andere Bereiche übertragen werden können. Es müssten den Schülern daher im Unterricht mehr Gelegenheiten gegeben werden, gelernte Inhalte auch flexibel auf andere Bereiche anzuwenden.

BRUMBY (1984) sieht die Art, wie Inhalte in den Schulbüchern präsentiert werden, als problematisch an. Für sie wird das naturwissenschaftliche Wissen von den Schülern als absolutes Wissen betrachtet. Sie sehen ihre Aufgabe in erster Linie darin, Wissen zu akzeptieren und Fakten auswendig zu lernen, um Antworten auf alle Fragen zu wissen. Die Autorin geht davon aus, dass Bücher als eine Form des passiven Lernens nicht ausreichen, um einen Konflikt in den Köpfen der Schüler auszulösen, der zu einer Veränderung der vorherrschenden Vorstellungen führt (s. o. Conceptual-change-Theorie).

Nur knapp 40 % der Oberstufenschüler und 20 % der Zehntklässler konnten sich vorstellen, dass Entwicklung vom Zufall abhängt. Bedenkt man, dass im Unterricht Mutation und Rekombination besprochen werden, wobei sicherlich auch auf die Zufälligkeit dieser Evolutionsfaktoren eingegangen wird, sind 40 % kein befriedigendes Ergebnis. Mehr als die Hälfte der untersuchten Oberstufenschüler war sich nicht der Rolle des Zufalls bei der Evolution bewusst.

Die Tatsache, dass die Entwicklung bzw. Veränderung der Lebewesen Zeit benötigt, schien in allen Klassenstufen gegenwärtig zu sein. Diese fachlich angemessene Vorstellung führte, wie oben (s. 6.4) erwähnt, bei dem Weismann-Experiment nach 21. Generationen bei einer Reihe von Schülern zu einem unangemessenen Schluss. Das macht deutlich, welches Defizit entsteht, wenn das „Wann“ (in ein paar Jahrhunderten) in der Vorstellung und Argumentation nur unpräzise mit dem „Wie“ (Selektion, aber ohne zufällige Mutationen) einbezogen wird.

Bei der Entscheidung zwischen den drei verschiedenen Theorien zur Entstehung der Arten wählte der Großteil der Schüler die Selektionstheorie von Darwin. Eine gefestigte wissenschaftliche Vorstellung haben jedoch nur die Schüler, die Darwin wählten und durch ihre Begründung zeigten, dass sie diese Theorie auch verstanden haben. Dies waren insgesamt ein Viertel der Zehntklässler, 41% der Elftklässler und etwas mehr als die Hälfte der Zwölftklässler. Es fällt auf, dass deutlich weniger Schüler der 11. Klasse nur die Selektionstheorie wählten und richtig begründeten als in der 12. Klasse. Dieses Ergebnis widerspricht unserer Erwartung, dass in der 11. Klasse mehr wissenschaftliche Vorstellungen existieren als in der 12. Klasse, weil der Evolutionsunterricht in der 11. Klasse weniger lange zurückliegt. Eine Studie von JIMÉNEZ-ALEIXANDRE (1992) hilft das zu erklären. Hier sollten spanische Schüler durch den Biologieunterricht von lamarckistischen zu darwinistischen Vorstellungen geführt werden. Es zeigte sich, dass unmittelbar nach dem Unterricht weniger Schüler über wissenschaftliche Vorstellungen verfügten als ein Jahr nach dem Unterricht. Für WANDERSEE et al. (1995) weist dieses Ergebnis darauf hin, dass es eine gewisse Zeit dauert, bis sich der Vorstellungswandel beim Verstehen der Evolution vollzogen hat.

7 Ausblick

Die Ergebnisse dieser Arbeit machen deutlich, dass mit den aus vielen qualitativen Studien (vgl. z.B. Wandersee et al. 1995, BAALMANN et al. 2004) bekannten finalen, anthropomorphen und lamarckistischen Vorstellungen im hohen Maße in der 10., 11. und 12. Klassenstufe zu rechnen sein wird. Die bereits in der Literatur (vgl. KATTMANN 1992, 1995, 1998, BAALMANN et al. 2004, KATTMANN et al. im Druck) gesammelten Vorschläge zum Umgang mit genau diesen Vorstellungen sollten für den Unterricht zur Evolution von jedem Lehrer in seiner Vorbereitung berücksichtigt werden. Für die Zukunft wäre es sicherlich hilfreich für die Unterrichtspraxis und erhellend für die forschende Biologiedidaktik, wenn die Wirkungen der plausibel klingenden Vorschläge im Feld evaluiert werden. Damit könnte gezeigt werden, dass ein Evolutionsunterricht, der Schülervorstellungen ernst nimmt, tatsächlich in einem bedeutenden Maß zu einem wissenschaftlichen Verständnis von Evolution beiträgt.

Literatur

- BAALMANN, W., V. FRERICH, H. WEITZEL, H. GROPENGEIER & U. KATTMANN (2004): Schülvorstellungen zu Prozessen der Anpassung – Ergebnisse einer Interviewstudie im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* **10** (1), 7-28
- BECKER, A. (1998). Vorstellungen zur Evolution in Jugendbüchern. Oldenburg: Zentrum für pädagogische Berufspraxis
- BIEBRICHER, A. (2003). Entstehung und Bedeutung der Vielfalt der Lebewesen. Oldenburg: Didaktisches Zentrum
- BISHOP, B. & C. ANDERSON (1990): Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching* **27** (5), 415-427
- BORTZ, J. & N. DÖRING (2002): Forschungsmethoden und Evaluation. Berlin: Springer
- BRUMBY, M. (1984). Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. *Science Education* **68** (4), 493-503
- DEMASTES, S., J. SETTLAGE & R. GOOD (1995): Students conceptions of natural selection and its role in evolution: cases of replication and comparison. *Journal of Research in Science Teaching* **32** (5), 535-550
- DUIT, R. (1995): Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftlichen Lehr- und Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik der Naturwissenschaften* **41** (6), 905-923
- ESCHENHAGEN, D. (1976): Das Thema Evolution im Unterricht. *Unterricht Biologie* **1** (3), 2-12
- GEHBARD, U. (1994): Kind und Natur. Opladen: Westdeutscher Verlag
- GERSTENMAIER, J. & H. MANDL (1995): Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik der Naturwissenschaften* **41** (6), 867-885
- GROPENGEIER, H. (2003): Lebenswelten, Denkwelten, Sprechwelten - Wie man Vorstellungen der Lerner verstehen kann. Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion. Oldenburg: Didaktisches Zentrum
- HALLDÉN, O. (1988): The evolution of the species: pupil perspectives and school perspectives. *International Journal of Science Education* **10** (5), 541-552
- ILLNER, R. (1999): Schülvorstellungen auf die Akzeptanz der Evolutionstheorie. Elektronische Dissertation - BIS Carl von Ossietzky Universität Oldenburg. <http://docserver.bis.uni-oldenburg.de/publikationen/dissertation/2000/illein99/illein99.html>
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. (1992): Thinking about theories or thinking with theories? A classroom study with natural selection. *International Journal of Science Education* **14** (1), 51-61
- KATTMANN, U. (1992): Evolution im Unterricht. *Unterricht Biologie* **16** (179), 44-49
- KATTMANN, U. (1995): Konzeption eines naturgeschichtlichen Biologieunterrichts: Wie Evolution Sinn macht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* **1** (1), 29-42
- KATTMANN, U. (1998): Evolution im Unterricht. Köln: Aulis
- KATTMANN, U., R. DUIT, H. GROPENGEIER & M. KOMOREK (1997): Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion - Ein Rahmen für naturwissenschaftliche Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* **3** (3), 3-18

- KATTMANN, U., A. JANßEN-BARTELS & M. MÜLLER (im Druck). Selektion: Die Entstehung von Giraffe und Okapi. *Unterricht Biologie* **29** (300)
- LUCAS, A. M. (1971): The Teaching of „Adaptation“. *Journal of Biological Education* **5**, 86-90
- PAPENFUß, C. (2002): Vorstellungen über die Evolution des Menschen als Lernvoraussetzungen im Biologieunterricht. Oldenburg: Didaktisches Zentrum
- SCHILKE, K. & M. LEHRKE (1994): Untersuchungen über Schülervorstellungen zur Evolution. In: KATTMANN, U. (Hrsg.): *Biologiedidaktik in der Praxis*. Köln: Aulis, 82-105
- SCHROOTEN, G. (1981): „Anpassung“ („Adaptation“) - ein Beispiel für die Schwierigkeit, biologische Sachverhalte eindeutig auszudrücken. *BU* **17**, H. 3, 56-60
- SETTLAGE, J. (1994): Conceptions of natural selection: A snapshot of the sense making process. *Journal of Research in Science Teaching* **31** (5), 449-457
- SITTE, P, H. ZIEGLER, F. EHRENDORFER & A. BRESINSKY (Hrsg.)(1998): *Strasburger - Lehrbuch der Botanik für Hochschulen*. 34. Aufl., Stuttgart, Jena, Lübeck: Gustav Fischer Verlag, 362
- STRIKE, K. & G. POSNER (1992): A Revisionist Theorie of Conceptual Change. In: DUSCHL, R. & R. HAMILTON (Hrsg.): *Philosophy of science, cognitive psychology and educational theorie and practise*. New York: State University of New York Press, 147-176
- TERHART, E. (1999). Konstruktivismus und Unterricht. Gibt es einen neuen Ansatz in der Allgemeinen Didaktik? *Zeitschrift für Pädagogik* **45** (5), 629-647
- WANDERSEE, J., R. GOOD & S. DEMASTES (1995): Forschung zum Unterricht über Evolution: Eine Bestandsaufnahme. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* **1** (1), 43-54

Quellennachweis für Bilder

Gepardenabbildung: www.gepardenland.de [Stand: 15.11.2005]

Eulenabbildung: www.naturpark-barnim.de [Stand: 29.9.2003]

Giraffenabbildungen: Christner, J. (1997). *Abiturwissen Evolution*. Stuttgart: Klett.

Verfasser

Maren Johannsen, Staatsexamenskandidatin an der Freien Universität Berlin, Fachbereich Biologie, Chemie und Pharmazie, Institut für Biologie, Didaktik der Biologie, Schwendenerstr. 1, D-14195 Berlin

Prof. Dr. Dirk Krüger, Freie Universität Berlin, Fachbereich Biologie, Chemie und Pharmazie, Institut für Biologie, Didaktik der Biologie, Schwendenerstr. 1, D-14195 Berlin; dkrueger@zedat.fu-berlin.de