

Baalmann, Wilfried; Frerichs, Vera; Weitzel, Holger; Gropengießer, Harald; Kattmann, Ulrich  
**Schülervorstellungen zu Prozessen der Anpassung - Ergebnisse einer Interviewstudie im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion**

*Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 10 (2004), S. 7-28*



Quellenangabe/ Reference:

Baalmann, Wilfried; Frerichs, Vera; Weitzel, Holger; Gropengießer, Harald; Kattmann, Ulrich:  
Schülervorstellungen zu Prozessen der Anpassung - Ergebnisse einer Interviewstudie im Rahmen der  
Didaktischen Rekonstruktion - In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 10 (2004), S.  
7-28 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-316040 - DOI: 10.25656/01:31604

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-316040>

<https://doi.org/10.25656/01:31604>

in Kooperation mit / in cooperation with:



**IPN**

Leibniz-Institut für die Pädagogik der  
Naturwissenschaften und Mathematik

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

#### Nutzungsbedingungen

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

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

#### Terms of use

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

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

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

#### Kontakt / Contact:

peDOCS

DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation

Informationszentrum (IZ) Bildung

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

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

Mitglied der

  
Leibniz-Gemeinschaft

WILFRIED BAALMANN, VERA FRERICHS, HOLGER WEITZEL, HARALD GROPENGLIEßER UND ULRICH KATTMANN

## Schülervorstellungen zu Prozessen der Anpassung – Ergebnisse einer Interviewstudie im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion

---

### Zusammenfassung

Vorstellungen zur Anpassung wurden mit problemzentrierten Interviews mit dem Schwerpunkt auf evolutive Prozesse (Anpassung = Angepasst-Werden und Sich-Anpassen) und nur mittelbar zum Zustand (Angepasst-Sein und Angepasstheit) erhoben. Die erfassten Vorstellungen werden als Konzepte und Denkfiguren formuliert und erläutert. Über bisherige Untersuchungen hinausgehend werden Vorstellungen der Lernenden zu den mit der Anpassung verbundenen körperlichen und genetischen Veränderungen erfasst. Es wird diskutiert, wie die Befunde als Grundlage für die Planung von Unterricht zu nutzen sind.

### Abstract

Conceptions about adaptation were investigated in problem-centred interviews. Emphasis was put on evolutionary processes rather than their products (traits). The findings are presented as notions and principles and explained as well. In addition conceptions about the connected physical and genetic change are described. It is discussed how to utilise the findings for the improvement of learning and teaching evolution.

---

## 1 Einführung

Als die Bäume immer größer wurden, haben die Giraffen wahrscheinlich immer versucht, da heranzukommen, und dadurch hat sich ganz automatisch die Wirbelsäule gestreckt.

(Doris, Jahrgang 12)

Doris' Ausführungen zur Entstehung des langen Halses bei Giraffen spiegelt ihr Bemühen, eine plausible und nachvollziehbare Erklärung dieses Phänomens zu finden. Mit einer Vorstellung dieser Gestalt steht Doris nicht alleine da, sondern sie teilt sie mit einer Vielzahl anderer Probanden von der Orientierungsstufe bis zur Universität, die in einer Reihe von Studien (Bishop & Anderson, 1990; Brumby, 1979, 1984; Deadman & Kelly, 1978; Engel Clough & Wood-Robinson, 1985; Halldén, 1988; Jimenez Aleixandre & Fernandez Perez, 1987) in den letzten drei Jahrzehnten nach ihren Vorstellungen zu evolutionären Entwicklungen befragt wurden. Wenn Lernende versuchen, die Entstehung oder Veränderung von Merkmalen im Laufe der Evolution zu erklären, verwenden sie derart häufig und zentral Anpassungs-Vorstellungen,

dass Anpassung sich den Lernenden als ein allumfassendes Erklärungsmuster für evolutionäre Änderungen anzubieten scheint (Halldén, 1988).

Lernende empfinden Anpassung als schwieriges biologisches Konzept (Engel Clough & Wood-Robinson, 1985). Bisherige Vermittlungsbemühungen auf der Basis einiger bekannter Lernervorstellungen zu Anpassung haben sich nur als eingeschränkt erfolgreich erwiesen (Bishop & Anderson, 1990; Jensen & Finley, 1995, 1997; Sharmann & Harris, 1992). Deshalb erscheint es lohnend, Inhalt und Struktur solcher Lernervorstellungen zu Anpassung zu erfassen, die das Lernen wissenschaftsorientierter Vorstellungen behindern oder möglicherweise auch befördern können.

## 2 Theoretischer Rahmen der Arbeit

### 2.1 Was sind Vorstellungen?

Seit Mitte der 70er Jahre wird von einer internationalen Forscher-Gemeinschaft das Forschungsgebiet Lernervorstellungen mit wachsender Intensität untersucht (vgl. Duit, 2002). Dies vor allem deshalb, weil man weithin

davon überzeugt ist, dass Lernende mit Begriffen und Vorstellungen in den Unterricht kommen, die oft stark von den wissenschaftlichen abweichen, und dass die vorunterrichtlichen Vorstellungen für den Vermittlungserfolg zentral sind. Allerdings differiert das Verständnis allein des Terminus *Begriff* sowohl zwischen unterschiedlichen Wissensgebieten als auch innerhalb von Wissenschaften sehr stark, ja fundamental (vgl. Margolis & Laurence, 1999). Deshalb erscheint es notwendig, den hier verwendeten Vorstellungsbegriff zu skizzieren.

Wir verstehen unter Vorstellungen ganz allgemein Kognitionen, also Verständnisse und Gedanken (zu einem bestimmten Sachgebiet). Aus psychologischer Sicht lassen sich Vorstellungen als persönliche Konstrukte (Kelly, 1963) kennzeichnen, die von Menschen selbst geschaffen und zu Konstrukt-Systemen in Beziehung gesetzt werden, mit denen die Welt gesehen und verstanden werden kann. In der Kognitionspsychologie werden sie unter dem Terminus *Wissen* subsumiert. In didaktischer Literatur werden sie auch als *Vorkenntnisse* bezeichnet. Beide Termini verweisen allerdings aus unserer Sicht ausschließlich in die kognitive Dimension und auf fachlich orientierte Wissensaneignung. Aus philosophischer Sicht fallen Vorstellungen in den Bereich der intentionalen Zustände (Searle, 1996), die zur biologischen Beschaffenheit von Menschen gehören. In neurobiologischer Sicht korrelieren Vorstellungen räumlich und zeitlich eng mit der Tätigkeit von miteinander verknüpften Neuronen (Gruppen von Neuronen, Neuronenpopulationen). Es handelt sich um physikalisch-chemisch-physiologische Vorgänge, die von anderen natürlichen Phänomenen beeinflusst werden können. Auf der Grundlage eines solchen nicht-reduktionistischen Physikalismus (Roth & Schwegler, 1995) sind Vorstellungen ein bestimmter Teil der Realität, der mit empirischen Methoden untersucht werden kann. Aus neurobiologisch-erkenntnistheoretischer Perspektive (Roth, 1994; 2001) ist die Vorstellungswelt sogar die einzige dem Individuum zugängliche Welt. Die äußere Realität, die Welt an sich, ist unerreichbar, jeder

lebt in seiner Vorstellungswelt, in seiner Welt der mentalen Erlebnisse für sich.

Als (moderat) konstruktivistisch orientierte Naturwissenschaftsdidaktiker verstehen wir unter Vorstellungen subjektive gedankliche Prozesse, die weder aufgenommen noch weitergegeben werden können, sondern immer von den Personen selbst konstruiert oder erzeugt werden (von Aufschnaiter et al., 1992; von Glasersfeld, 1992; Duit, 1994; Roth, 1994; Wandersee, Mintzes & Novak, 1994). Menschen *haben* allerdings weniger ihre Vorstellungen, vielmehr können sie über bestimmte Vorstellungen *verfügen*. Wir unterscheiden strikt drei Bereiche: erstens die Vorstellungen, zweitens die Wörter – oder allgemeiner – Zeichen, die wir verwenden, um sie zu kommunizieren, und drittens die Dinge und Ereignisse oder allgemeiner, die Referenten, auf die sich die Vorstellungen beziehen. Innerhalb des gedanklichen Bereichs verwenden wir *Vorstellung* als Oberbegriff und unterscheiden entlang steigender Komplexität *Begriff* (engl.: concept), *Konzept*, *Denkfigur* und *Theorie* (Gropengießer, 2001). Für diese Untersuchung tragend sind vor allem die beiden mittleren Komplexitätsebenen *Konzept* und *Denkfigur*. Konzepte beziehen sich auf Sachverhalte und werden als Behauptungen, Sätze oder Aussagen formuliert. Denkfiguren sind komplexe Vorstellungen, die mehrere Konzepte umfassen und erklärenden Charakter haben. Sie werden als Grundsätze formuliert (Gropengießer, 2001, S. 74 f.).

Bei Lernprozessen ändern sich die Vorstellungen. Lebensweltliche Vorstellungen (vorunterrichtliche Vorstellungen) werden im naturwissenschaftlichen Unterricht mit wissenschaftlichen Vorstellungen konfrontiert. So können Vorstellungen verändert oder neue Vorstellungen gebildet werden, wenn bestimmte Voraussetzungen erfüllt sind (vgl. Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982; Strike & Posner, 1992). Lernen wird von uns nicht als Ersetzen der vorunterrichtlichen Vorstellungen verstanden, sondern als Modifizierung, Bereicherung und Differenzierung, weshalb wir lebensweltliche Vorstellungen nicht allein als Lernhindernisse, sondern auch als potentielle Lernhilfen auffassen (vgl. Baalman,

Frerichs & Kattmann, 1999). Dazu bedarf es des systematischen In-Beziehung-Setzens von lebensweltlichen Vorstellungen und fachlich geklärten wissenschaftlichen Vorstellungen.

## 2.2 Wie sind lebensweltliche Vorstellungen zu verstehen?

Wir deuten die für die Lernenden naheliegenden und leicht verfügbaren Vorstellungen mit Hilfe der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens (vgl. Gropengießer, 2003). Danach entspringen die Lernervorstellungen körperlich-psychischen, sozialen und umweltlichen Erfahrungen, die bereits in früher Kindheit gemacht werden. In diesem Sinne sind sie verkörperte Vorstellungen. Die allgemeine Verfügbarkeit und Intersubjektivität der verkörperten Vorstellungen entspringt den allgemeinen Erfahrungen, die Menschen mit ihrem Körper und ihrer Umwelt machen. Grundlage und Hilfsmittel der Theorie sind kognitionslinguistische Überlegungen und Analysen (vgl. Lakoff & Johnson, 1980; Johnson, 1987; Lakoff, 1987).

## 2.3 Modell der Didaktischen Rekonstruktion

Vorstellungen der Lernenden werden von uns nicht isoliert erforscht, sondern mit dem Untersuchungsplan der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997). Dabei werden zur Beantwortung der Frage, wie das Thema sinnvoll und fruchtbar unterrichtet werden kann, drei wechselseitig voneinander abhängige Untersuchungsauf-

gaben rekursiv bearbeitet: das *Erfassen von Lernerperspektiven*, die *Fachliche Klärung*, d. h. die kritische und methodisch kontrollierte systematische Untersuchung fachwissenschaftlicher Theorien, Methoden und Termini aus fachdidaktischer Perspektive) und die *Didaktische Strukturierung*. Die Untersuchung der Schülervorstellungen und die der fachlichen Vorstellungen fördern sich wechselseitig, weil es sich in beiden Fällen um „methodisch kontrolliertes Fremdverstehen handelt“ (Schütze et al., 1973, S. 433f.). Die dritte Untersuchungsaufgabe, die Didaktische Strukturierung, beruht auf einem kontrastierenden Vergleich von zum Thema erhobenen Schülervorstellungen und wissenschaftlich geklärten Vorstellungen. Dieser Vergleich führt zur Entwicklung von Vorschlägen für den Unterricht (z. B. Leitlinien oder Curriculumelementen).<sup>1</sup>

In diesem Beitrag steht von den drei Untersuchungsaufgaben das Erfassen von Lernerperspektiven im Vordergrund. Elemente der Fachlichen Klärung und der Didaktischen Strukturierung werden in der Diskussion angesprochen.

## 3 Design der Interviewstudie

### 3.1 Fragestellung

Gegenstand der Untersuchung sind Vorstellungen zur Anpassung. Die Fragestellung der Interviewstudie zielt auf Vorstellungen, über die die Lernenden verfügen und die sie im Zusammenhang mit angebotenen Interventionen entwickeln können (vgl. Baalmann, 1998). Die

<sup>1</sup> Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion wurde zunächst in der Arbeitsgruppe Didaktik der Biologie in Oldenburg in Kooperation mit der Physikdidaktik des IPN Kiel als Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung entwickelt und ist inzwischen in mehreren Arbeitsgruppen und Fachdidaktiken als Forschungsparadigma etabliert. Seine Entwicklung wurde in Projekten zur Evolution und Genetik von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert. Das Niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur fördert das Promotionsprogramm (Graduate School) „Fachdidaktische Lehr- und Lernforschung – Didaktische Rekonstruktion“ der Universität Oldenburg mit 15 Georg-Christoph-Lichtenberg-Stipendien, an dem 9 Fachdidaktiken und 3 erziehungswissenschaftliche Arbeitsgruppen beteiligt sind (vgl. [www.diz.uni-oldenburg.de/forschung.htm](http://www.diz.uni-oldenburg.de/forschung.htm)). Naturwissenschaftsdidaktische Forschungs- und Entwicklungsarbeiten nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion werden gegenwärtig an den Universitäten FU Berlin, Bremen, Düsseldorf, Hamburg, Hannover, Kiel, München, Oldenburg und Wien sowie an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg durchgeführt.

Fragestellung lautet: Welche Begriffe, Konzepte und Denkfiguren zu Anpassung stehen Schülerinnen und Schülern zur Verfügung?

### 3.2 Erhebungsverfahren und Probanden

Die Erhebung der Schülervorstellungen wurde von einem von uns (W. B.) im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion innerhalb der Arbeitsgruppe Biologiedidaktik der Universität Oldenburg durchgeführt. Um individuelle Bedeutungsstrukturen zu erheben, ist es notwendig, in einem offenen, interaktiven und problemzentrierten Verfahren interpretativ die Komplexität dieser Bedeutungsstrukturen zu erfassen. Dafür ist eine qualitative Untersuchungsmethode adäquat (vgl. Lamnek, 1989, S. 37; Mayring, 2000, S. 45; Huber & Mandl, 1982, S. 23). In offenen, Leitfaden gestützten und problemzentrierten Einzelinterviews äußern Schüler ihre individuellen Vorstellungen, die mitgeschnitten werden.

Die Tonaufzeichnungen werden schrittweise und methodisch kontrolliert transkribiert und ausgewertet (vgl. Gropengießer, 2001). In der qualitativen Inhaltsanalyse der Interviews geht es entsprechend dem theoretischen Rahmen (s. Abschnitt 2.1) nicht um die Häufigkeiten der erhobenen Vorstellungen, sondern darum, die Denkgebäude der Lernenden möglichst genau zu kartieren, um so die für ihr Denken wesentlichen Elemente zu erfassen. Diese wesentlichen Vorstellungen werden verallgemeinernd als Konzepte und Denkfiguren formuliert.

Es wurden 10 Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 11 bis 13 verschiedener Gymnasien in Oldenburg und Umgebung interviewt. Die Interviews kreisten um die Prozesse der Evolution: „natürliche Selektion“, „Anpassung“, „Variabilität“, „Kampf ums Dasein“ und „Überleben des Tauglichsten“. Die Aussagen und Erklärungen der Interviewpartner betrafen vorwiegend die Prozesse der „Anpassung“. (Leitfaden im Anhang)

Im folgenden Text werden einige redigierte Aussagen der Interviews zitiert, um die Ergebnisse der Untersuchungen zu veranschaulichen. Dabei sollte beachtet werden, dass die Aussagen nur einzelne, ausgewählte Bei-

spielsätze aus langen Interviews sind und dass die formulierten Konzepte und Denkfiguren daher nicht allein aus ihnen, sondern aus den vollständigen Interviews in einem methodisch kontrollierten Interpretationsprozess abgeleitet worden sind.

## 4 Ergebnisse: Schülervorstellungen zu Anpassung

### 4.1 Denkfigur „Gezieltes adaptives Handeln von Individuen“

Das Denken der befragten Schüler zu Anpassung ist von einer grundlegenden Denkfigur geprägt, nach der Anpassung durch absichtsvolles und zielgerichtetes Handeln von Individuen erreicht wird. Zur Denkfigur *Gezieltes adaptives Handeln von Individuen* tragen verschiedene Konzepte bei, die im Folgenden jeweils beispielhaft durch redigierte Schüleräußerungen illustriert werden.

Am Anfang vieler Erklärungen der Schüler für eine Veränderung von Lebewesen steht ein Konzept, wonach Evolution an die Fähigkeit von Individuen gebunden ist, Erkenntnisse über ihre eigene Situation in einer Umgebung zu gewinnen. In dieses Argumentationsmuster beziehen die Schüler nicht nur Tiere ein, sondern auch Pflanzen oder Bakterien. Die Erkenntnis (oft umschrieben mit „merken“) kann dabei unbewusst oder bewusst sein. Sie kann sich auf die *Verbesserung der momentanen Merkmalsausstattung* (wie im folgenden Beispiel des Schwimmfußes der Ente) oder auf die *Änderung von Umweltbedingungen* beziehen, die eine Veränderung nötig machen.

[...] Sie [die Ente] merkt, dass sie sich im Wasser schlecht bewegen kann, wenn sie mit ihren drei Zehen da herum paddelt. Sie denkt vielleicht nicht, aber instinktiv hat sie das Gefühl, oder doch: sie merkt, (...) dass man besser voran kommt, wenn man eine größere Fläche hat. Vielleicht hat sich mal ein Blatt dahinter verfangen, damit ist sie schneller vorangekommen, und dadurch hat sie das dann gemerkt. Ich kann mir nicht vorstellen, dass sie durch einen Denkprozess (von selber) darauf kommt (...). (Jens, 11. Klasse)

Wenn es jetzt z. B. bei einer Kältezeit ganz langsam immer kälter wird, merkt der Körper des Tieres langsam irgendwie, dass er besser mit seiner Energie und seiner Wärme haushalten muss. Und dann kommt es irgendwie automatisch dazu, dass er mehr Fell produziert über die Jahre.

(Gisela, 11. Klasse)

Die adaptive Änderung kann auch mit einem Überlebenswillen begründet werden:

Wie sich die Falter verändern, kann ich nicht erklären. Es ist einfach wieder das Überlebenwollen, die Erhaltung der eigenen Rasse, dass sie sich dem veränderten Lebensraum anpassen.

(Anja, Jahrgang 12)

Das Zielobjekt ist im zitierten Fall nicht nur das Individuum, sondern auch die eigene Rasse. Die eigene Rasse und auch Art werden dabei jedoch nicht als biologisch in sich variable Größe, sondern einheitlich und damit quasi als Individuen aufgefasst. Verantwortlich für die Entstehung von Veränderungen und Richtung weisend für die Art der Veränderungen sind die Umweltbedingungen. Abänderungen treten in den Augen der Schüler am Individuum ein, in der Regel als Reaktion auf eine Veränderung der umgebenden Umwelt. In der Beschränkung auf das Individuum zeigen die Schüler, dass sie Arten nicht als Populationen verstehen, und damit implizit ihren typologischen Artbegriff.

Die Anpassung an die veränderte Umwelt kann auch variiert werden, indem die Birkenspanner aktiv einen zu ihnen *passenden Ort aufsuchen*:

Wenn man davon ausgehen würde, dass sich bei diesem Schmetterling die Färbung nicht wie bei einem Chamäleon verändern kann, dann hält er sich eben in dem Gebiet auf, [...] wo es genau so aussieht wie er selbst.

(Kathrin, 12. Klasse)

Angepasste Formen sollen auch durch die *zielgerichtete Kreuzung* unterschiedlicher Individuen entstehen können:

Wenn man sieht, dass sich ein heller und ein dunkler Falter miteinander paaren, kann man sich natürlich vorstellen, dass auf diese Weise unterschiedliche Farbgebungen entstanden sind: Durch Kreuzung unterschiedlicher Rassen miteinander entsteht eine unterschiedliche (andere) Färbung. Wahrscheinlich haben die Falter, um zu überleben, selbst ausprobiert, wie sie sich paaren müssen, damit die richtige Farbe entsteht.

(Anja, 12. Klasse)

In den Fällen, in denen Interviewpartner ihr Augenmerk auf die Art der Änderung legen, betrachten sie Anpassung als *graduelle Kumulation kleiner Änderungen*, meist über eine lange Zeit. So meint Doris mit Blick auf die Angepasstheit von Wüstenpflanzen:

(...) Es geschah nicht so, dass plötzlich irgendwelche Pflanzen zu wachsen anfangen, die völlig anders waren als andere, sondern mehr durch ganz langsame Änderungen.

(Doris, 12. Klasse)

In all diesen Konzepten wird Anpassung nach den Vorstellungen der Lernenden grundsätzlich durch absichtsvolles und zielgerichtetes Handeln von Individuen erreicht, sodass die Zuordnung zu einer Denkfigur gerechtfertigt ist (s. Kasten 1).

Das diese Denkfigur strukturierende Schema des intentionalen Handelns bestimmt z. T. auch einige weiterreichende Denkfiguren und Konzepte, insbesondere die Denkfiguren im Bereich der Genetik (s. Abschnitt 4.3).

#### 4.2 Denkfigur *Adaptive körperliche Umstellung*

Aus dem *gezielten adaptiven Handeln* der Lebewesen, das direkt in Analogie zum Handeln des Menschen gedacht wird, ergibt sich für einige Lernende ohne Weiteres „automatisch“ die Anpassung. Sie geben sich auch dann mit der Evidenz der zur Anpassung nötigen Veränderung zufrieden, ohne nach einer weiteren Erklärung zu suchen (vgl. das Zitat von Anja). Andere suchen eine tiefer liegende Erklärung für die Ursachen der beobachtbaren oder

Denkfigur 1 <b>Gezieltes adaptives Handeln von Individuen</b> Anpassung wird durch absichtsvolles und zielgerichtetes Handeln von Lebewesen erreicht.
Konzepte <b>Adaptive Individuen:</b> Das Lebewesen macht die Anpassung.
<b>Anpassungs-Erkenntnis:</b> Individuen erfüllen, merken, erfahren oder erkennen bewusst oder unbewusst ihre Situation.
<b>Anpassungs-Intention:</b> Lebewesen haben einen inneren Trieb oder einen Überlebenswillen und somit die Absicht, sich anzupassen.
<b>Art (Rasse) erhaltende Anpassung:</b> Lebewesen passen sich an, um ihre Art (Rasse) zu erhalten.
<b>Anpassende Handlungen:</b> Lebewesen führen Handlungen aus, die zur Anpassung führen: Sie suchen einen für sich passenden Lebensraum auf, oder kreuzen sich gezielt, damit eine Form entsteht, die gut angepasst ist.
<b>Graduelle Anpassung:</b> In kleinen Schritten führen Änderungen zur Anpassung der Individuen.

Kasten 1

postulierten physischen Veränderungen der Organismen.

Einige Interviewpartner gehen davon aus, dass Individuen neuen Bedingungen ausgesetzt sind oder eine neue Verhaltensweise zeigen, was dann zur *adaptiven Gewöhnung des Körpers führt*. So meint Eva:

Die Pflanzen kriegen langsam Mangelerscheinungen und probieren dann etwas anderes aus. Wahrscheinlich klappt das nicht gleich, und dann müssen sie sich langsam irgendwie daran gewöhnen, wenn sie statt dessen etwas anderes nehmen. Wenn jetzt Fleisch fressende Pflanzen (...) diese Nährstoffe statt aus dem Boden auch aus Tieren nehmen, dass sie irgendwie versuchen, das zu verdauen.

(Eva, 11. Jahrgang)

In ähnlicher Weise wird die Bildung *neuer* Strukturen von David physiologisch auf die Wirkung von lang andauernden Verdauungsproblemen zurückgeführt:

Oder wenn er [ein Organismus] so etwas wie einen Magen bekommt, also den langsam bildet, geschieht das nicht dadurch, dass er jetzt denkt, „Ich will einen Magen haben“, und dann kriegt er einen, sondern dadurch, dass sich durch bestimmte Verdauungsprobleme eben solche Teile bilden, langsam aber sicher. (David, 11. Jahrgang)

Dass David eine direkte Wirkung der adaptiven Erkenntnis explizit verneint, zeigt, dass die körperliche Umstellung nicht in jedem Fall als absichtsvolles Handeln der Individuen zu interpretieren ist. Die Veränderungen erfolgen nach diesen Vorstellungen vielmehr automatisch im Sinne der Anpassung.

Mehrfach äußern die Interviewpartner die Vorstellung, dass Körperteile durch *wiederholten Gebrauch* dauerhaft verändert werden können:

„Wenn die Bäume größer wurden, haben die Giraffen wahrscheinlich immer versucht, da heranzukommen und dadurch hat sich ganz automatisch die Wirbelsäule gestreckt. (...) Wenn sie von klein auf damit anfangen mussten, haben sie vielleicht sogar mehr Wirbel gekriegt, als sie eigentlich hätten haben müssen.

(Doris, 12. Klasse)

Andere Lernende leiten die körperlichen Veränderungen direkt aus der *Notwendigkeit* ab, mit der die Individuen gezwungen sind, bestimmte Tätigkeiten auszuführen:

Der lange Hals der Giraffen ist entstanden durch die Notwendigkeit, gewisse Blätter zu fressen, die wohl nur in der Höhe zu finden sind.

(Doris, 12. Jahrgang)

Die Unterschiedlichkeit der Lebensräume wirkt sich so aus: Die Ente benötigt, um sich in ihrem Lebensraum optimal bewegen zu können, eben diese Schwimmhäute zwischen den Zehen, damit kann sie schneller schwimmen.

(Jens, 11. Jahrgang)

Mit „anpassen“ meine ich: Wenn beispielsweise eine bestimmte Pflanzensorte ausstirbt, müssen sich die Gebisse der Tiere, die diese Pflanze sonst immer gefressen haben, irgendwie umstellen, es muss sich eine andere Zahnform entwickeln.

(Gisela, 11. Jahrgang)

Die Konzepte *adaptive Gewöhnung*, *Anpassung durch Gebrauch* und *Anpassungs-Notwendigkeit* sind – wie in den Zitaten erkennbar – häufig mit dem Konzept der *Graduellen Anpassung* verknüpft.

Die Konzepte können einer Denkfigur zugeordnet werden, mit der die physischen Veränderungen aus der Tätigkeit der Individuen abgeleitet werden (Kasten 2).

Denkfigur 2 <b><i>Adaptive körperliche Umstellung</i></b> Adaptive körperliche Veränderungen und Neubildungen werden automatisch durch Reaktionen der Organismen auf die Lebensbedingungen verursacht.
Konzepte <b><i>Adaptive Gewöhnung</i></b> : Der Körper stellt sich auf veränderte Bedingungen ein.
<b><i>Anpassung durch Gebrauch</i></b> : Adaptive Merkmale werden durch wiederholten Gebrauch ausgeprägt oder verstärkt.
<b><i>Anpassungs-Notwendigkeit</i></b> : Die physische Anpassung erfolgt zwangsläufig, wenn sie für Lebewesen notwendig ist, um überleben zu können.

Kasten 2

#### 4.3 Denkfigur *Absichtsvolle genetische Transmutation*

Fast alle Interviewpartner hatten das gesamte schulische Curriculum der Genetik durchlaufen, also auch Vorkenntnisse zum Thema Molekulargenetik, sodass von ihnen häufig die notwendige Verknüpfung von genetischen Veränderungen ins Gespräch gebracht wurde. Dabei verwenden sie Konzepte der Anpassung, die sie mit Bezug auf den sichtbaren Bereich formulieren (körperliche Veränderun-

gen: *Merkmale, organismische Ebene*), was dann auch als Vorlage für die Vorstellungen im unsichtbaren Bereich (*Gene, molekulare Ebene*) dient.

So wird das obige Konzept *Anpassung durch Gebrauch* übertragen und tritt hier als Konzept *Gendominanz durch Beanspruchung* zu Tage. Die stärkere Beanspruchung bestimmter Körperteile führt nach diesem Konzept dazu, dass bei der Fortpflanzung die entsprechenden Gene dominieren und größere Aktivität entfalten. Thomas drückt das so aus:

(...) Wenn jetzt ein Tier gejagt wird, und das erste Tier (die erste Generation, die Anfangsgeneration) ist von der Natur nicht mit so starken Muskeln usw. ausgestattet, gibt es erst einmal eine starke Beanspruchung des Tieres. Bei der nächsten Paarung dominieren dann vielleicht durch diese stärkere Beanspruchung irgendwelche Gene oder Chromosomen. Die Natur setzt da an, das zu verbessern dadurch, dass diejenigen Gene, die verantwortlich sind (die die Proteine für die Muskelbildung bilden), dann länger aktiv sind, so dass da eine stärkere Bildung ist, damit mehr Muskelmasse gebildet werden kann.

(Thomas, 11. Klasse)

Erweist sich eine Form erst einmal als optimal angepasst, dann erlangt sie auch genetisch Dominanz, wogegen weniger angepasste Formen rezessiv werden (*Gendominanz durch Anpasstheit*):

Angenommen das gelbe Merkmal wäre das rezessive, dann könnte es vielleicht dominant werden, wenn die Erbse merkt, sie ist attraktiver, wenn sie gelb ist, gelb ist also besser, um ihre Art zu erhalten. Dann könnte sich irgendwann dieses grüne immer mehr abschwächen, bis das gelbe dominant wird.

(David, 11. Klasse)

Die Termini dominant und rezessiv werden damit im Sinne ihrer alltagssprachlichen Bedeutung verwendet. In der Aussage ist auch die Verbindung zum Konzept *Anpassungs-Erkennntnis* und *Graduelle Abänderung* (Denkfigur *Gezieltes adaptives Handeln von Individuen*) deutlich.

Eine wichtige Rolle für die Verbindung von organischer Ebene und genetischer Ebene spielt hier der Begriff Information. Die von den Individuen gewonnene adaptive Erkenntnis wird oftmals als Form von Information verstanden. Auf der genetischen Ebene wird wieder von Information gesprochen, hier von genetischer Information. Offenbar dient den Lernenden dabei das Wort „Information“ als Bindeglied: Die Erkenntnis (Information) über eine notwendige Veränderung kann in die genetische Information gelangen und dort festgelegt werden (*Erkenntnis analoge Mutation*). Den Lernenden erscheint eine Weitergabe auf die genetische Basis und deren Abänderung als Informationsübertragung und -umwandlung. Auch wird der Vorgang häufig als Lernvorgang beschrieben, der in den Genen festgeschrieben wird. Aber auch der Körper selbst kann das genetische Material dazu bringen, sich zu verändern (*Erkenntnis induzierte Mutation*). Zur Illustration vier Zitate:

(...) Dann haben die heute dunklen Falter gemerkt, dass die Bäume dunkler wurden und sie als helle Tiere darauf für Feinde wieder sichtbar waren (gut zu erkennen waren). (...) Ich stelle mir das jetzt irgendwie über die Gene vor, dass da eine Erkenntnis „ich muss schwarz werden“ stattgefunden hat und sich dann über mehrere Generationen verteilt in den Chromosomen festgeschrieben hat und die dann wirklich schwarz geworden sind.  
(Gerd, 12. Klasse)

(...) Irgendwie muss die Natur, muss der Affe an sich merken: schwarz ist gut, weiß ist schlecht für mich. Und darum denke ich, dass da ein Erkenntnisprozess vorliegen muss; irgendwie muss diese Information ja in die Gene hineinkommen (irgendwie, irgendwo muss es in die Gene hineingekommen sein, muss sich da festsetzen können) (...). Und dadurch ist das ein (unbewusster) Erkenntnisprozess, der sich dann festbrennt und dann in die Gene wandert.  
(Gerd, 12. Klasse)

(...) Die Ente hat die Erfahrung, [dass man mit einer größeren Fußfläche besser vorankommt] mehrmals gemacht und verbindet die dann, und das [speichert]

sie in ihrem Erbgut. Durch die Erfahrung lernt sie und kann das dann durch ihr Erbgut weitergeben.  
(Jens, 11. Klasse)

(...) Wenn dieser Stoff immer da ist, bilden die Bakterien etwas, damit diese Erbinformation sich verändert. Die Erbinformation ändert sich dadurch, dass dieser Stoff immer da ist und dass die Bakterien merken, dass sie sterben, wenn sie nicht lernen, sich zu wehren.  
(Gisela, 11. Klasse)

Im letzten Zitat wird mit dem „Bilden von etwas“ und „Lernen sich zu wehren“ erneut ein Zusammenhang mit der Denkfigur *Adaptive körperliche Umstellung* deutlich. Insgesamt lassen sich die Befunde über Lernervorstellungen zu den genetischen Grundlagen der Anpassung in der Denkfigur *Absichtsvolle genetische Transmutation* zusammenfassen (s. Kasten 3).

### Denkfigur 3

#### ***Absichtsvolle genetische Transmutation***

Die genetische Information (das genetische Material) wird vom Organismus oder vom Körper zum Zweck der Anpassung abgeändert.

#### Konzepte

***Gendominanz durch Beanspruchung:*** Stärkere Beanspruchung bestimmter Körperteile führt dazu, dass bei der Fortpflanzung die entsprechenden Gene dominieren und eine größere Aktivität entfalten.

***Gendominanz durch Anpasstheit:*** Eine optimal angepasste Form wird dominant, eine nicht optimale wird rezessiv.

***Erkenntnis analoge Mutation:*** Die Erkenntnis über eine nötige Anpassung gelangt als Information in die Erbinformation und wird dort festgelegt.

***Erkenntnis induzierte Mutation:*** Wenn Lebewesen merken, dass sie sich verändern müssen, bringt der Körper das genetische Material dazu, sich zu verändern.

Kasten 3

## 5 Diskussion

### 5.1 Intention und Anpassung

Konzepte der hier formulierten Denkfigur *Gezieltes adaptives Handeln von Individuen* sind in früheren Untersuchungen zu Schülervorstellungen vielfach wiederzufinden. Betont werden in diesen Untersuchungen diejenigen Vorstellungen, die ein Lernen wissenschaftlich adäquater Vorstellung behindern können: „(a) ein typologischer Artbegriff, (b) Evolution als Veränderung, die bei allen Individuen einer Population in gleicher Weise vor sich geht, (c), Evolution verursacht durch Bedürfnis, (d) Ablehnung der zufälligen ungerichteten Aspekte der Mutation und (e) Evolution als Drang zur biologischen Vervollkommnung“ (Wandersee, Good & Demastes, 1995).

Anpassung ist nach einer häufig geäußerten Vorstellung die Folge einer von der Umwelt auferlegten Notwendigkeit (Deadman & Kelly, 1978; Brumby, 1979, 1984; Halldén, 1988; Bishop & Anderson, 1990). Lebewesen reagieren auf die Notwendigkeit mehr oder weniger bewusst und absichtlich mit Anpassung (Engel Clough & Wood-Robinson, 1984; Halldén, 1988). Auch ein innerer Vervollkommnungstrieb kann adaptive Handlungen in Gang setzen (Deadman & Kelly, 1978). Ziel der Anpassung ist eine möglichst optimale Übereinstimmung mit der Umwelt (Bishop & Anderson, 1990).

Als Objekt der Anpassung wird oftmals das Individuum angeführt (Brumby, 1979; 1984; Halldén, 1988), wobei nicht selten aber auch die Rede von der Rasse oder Art ist (Halldén, 1988). Unabhängig davon existiert die Vorstellung, dass Anpassung ein einheitlicher Prozess ist, der Individuen einer Rasse oder Art gleichermaßen betrifft (Brumby, 1979; 1984; Halldén, 1988; Bishop & Anderson, 1990), wobei die Anpassung an die Umwelt mit der Zeit graduell immer perfekter werden kann (Deadman & Kelly, 1978; Brumby, 1979; 1984; Bishop & Anderson, 1990). Fachwissenschaftliche Begriffe wie Population und Variation, die eine Grundlage für wissenschaftlich adäquate Argumentation legen könnten, werden dage-

gen – wie auch unsere Untersuchung zeigt – nicht verwendet.

Die hier aufgrund unserer Untersuchung systematisch der Denkfigur *Gezieltes adaptives Handeln von Individuen* zugeordneten Konzepte können demnach als vielfach belegt angesehen werden. Wir deuten diese für die Lernenden offenbar naheliegende und leicht verfügbare Denkfigur mit Hilfe der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens, nach der die verkörperten Vorstellungen lebensweltlicher Erfahrung entspringen (vgl. Abschnitt 2.2). Anpassung wird in den lebensweltlichen Vorstellungen als intentionale Handlung verstanden, mit der ein Gegenstand zweckorientiert zugerichtet, d. h. an eine Situation oder Bedingung angepasst wird. Der Prozess entspricht dem kognitiven Modell einer intentionalen Handlung und setzt dabei die Erkenntnis- und Handlungsfähigkeit eines Individuums (Akteurs) voraus. Sie erfolgt in der Regel graduell oder schrittweise (vgl. Weitzel & Gropengießer, 2003). Im Einzelnen können die Konzepte der Anpassung folgenden lebensweltlichen Erfahrungen entspringen:

- die Erfahrung eigener Intentionen, die bereits das Kleinkind mit intensiver Anstrengung macht, wenn es z. B. einen Gegenstand außerhalb seiner Reichweite erlangen will. Veränderungen der Situation werden dabei als Resultat der eigenen absichtsvollen Handlung erlebt;
- das Eintreten von Veränderungen durch Handlungen anderer, denen dabei die entsprechenden Intentionen unterstellt werden („das hast du mit Absicht getan!“);
- „Puzzle“- Erfahrungen, dass manche Gegenstände zueinander passen, andere nicht;
- handwerkliche Erfahrungen, mit denen ein Gegenstand passend gemacht wird, also z. B. einer Öffnung angepasst wird;
- eigene (körperliche) Anpassung (metaphorisch), in der durch eigene Änderung (z. B. Training) ein Ziel (z. B. eine sportliche Leistung) erreicht wird;
- Anpassung (metaphorisch) an soziale Situationen, z. B. durch Gehorsam, Schmei-

cheln, Kooperieren (Familie, Kindergarten, Peer-group, Schule).

Die intentionalen und finalen Konzepte zur Anpassung lassen sich so aus körperlichen, psychischen, sozialen und umweltlichen Erfahrungen ableiten, die lebensweltlich bereits frühkindlich gemacht werden können. In diesem Sinne sind sie verkörperte Vorstellungen (Gropengießer, 2003). Die intentionalen und finalen Vorstellungen sind also nicht das Produkt ungenauer Sprechweise oder vereinfachender Darstellung von Medien. Sie sind vielmehr die Grundlage, auf der alles Lernen (auch das fachliche) stattfindet, von der folglich Lehren und Unterricht auszugehen haben. Aus diesen Befunden lassen sich einige Folgerungen für einen *didaktisch rekonstruierten* Unterricht über Anpassung und Evolution herleiten.

Zunächst ist festzustellen, dass die *Themen zur Angepasstheit von Lebewesen an ihre Umwelt in der Sekundarstufe 1* ohne expliziten Bezug zu den ungerichteten Prozessen Mutation und Selektion zwangsläufig teleologische und finale Vorstellungen der Lernenden bestätigen, da sie mit den ihnen dann allein zur Verfügung stehenden lebensweltlichen Konzepten zu individuell befriedigenden Lösungen des Problems kommen (vgl. Hedewig, 1988). Selektionstheoretische Erklärungen sind daher so früh wie möglich im Unterricht heranzuziehen. Mit dem Thema der Züchtung von Haustieren und Nutzpflanzen (vgl. Winkel, 1995), die bereits Charles Darwin als Modell für die Selektionstheorie diente, kann dies ohne Überforderung bereits in den Klassenstufen 5/6 geschehen und spätestens in Klassenstufe 10 durch eine systematische Verknüpfung der Themen von Evolution und Genetik erreicht werden (s. Abschnitt 5.3).

Weiterhin ist eine *terminologische und begriffliche Differenzierung zu Anpassung* vonnöten. In der Fachdidaktik ist ein Vorschlag von Konrad Lorenz (1965) aufgegriffen worden, streng zwischen Anpassung (als Prozess) und Angepasstheit (als Zustand) zu unterscheiden. Dahinter verbirgt sich zusätzlich die Unterscheidung zwischen individueller physiologischer Anpassung und evolutionärer Anpassung durch Selektion (vgl. Schrooten, 1981).

Aufgrund der Schülervorstellungen erscheint eine Unterscheidung zwischen „angepasst“ und „passend“ ebenso wichtig. Die Eigenschaft *angepasst* setzt als Ursache eine Tätigkeit (Anpassung) voraus, mit der der Gegenstand *passend gemacht* wurde (vgl. Weitzel & Gropengießer, 2003), während man die Eigenschaft *passend* durch den Vergleich oder das Zusammentreffen zweier Dinge auch durch Zufall vorfinden kann (Darwin: „It happens to be useful“). Dass etwas passend sein kann, geht dem Passend-Machen als Erfahrung voraus (Puzzle-Erfahrungen). Der sprachlichen Unterscheidung von „angepasst“ und „passend“ entsprechen auf der einen Seite die fachlich geklärten Definitionen von Anpassung und Angepasstheit (engl. *adaptation*, zuweilen auch *adaptedness*), die jeweils *Selektion* als Ursache voraussetzen (man beachte, dass die Vorstellung von natürlicher Selektion dem Tun der Züchter nachgebildet ist und eine Metapher darstellt). Auf der anderen Seite steht das vorfindliche „Passen“ einer Eigenschaft (z. B. eine zusätzliche Funktion oder eine Umweltbedingung), das ohne Selektion entstanden ist und sich durch ein zufälliges Zusammentreffen ergibt. Für diesen Fall (Passung ohne vorherige Selektion) haben Stephen J. Gould und Elisabeth S. Vrba (1982) den Terminus „Exaptation“ vorgeschlagen. Im Deutschen kann der Terminus „Eignung“<sup>2</sup> das Kunstwort ersetzen (vgl. Kattmann, 1991, s. Tabelle 1).<sup>3</sup>

<sup>2</sup> Die Fitness der Lebewesen ist nicht mit „Eignung“, sondern mit Tauglichkeit zu übersetzen.

<sup>3</sup> Um Missverständnisse zu vermeiden, ist zu betonen, dass die zufällige, schon vorhandene Eigenschaft durch die damit verbundenen Vorteile (Eignung) nachfolgend zum Gegenstand der Selektion werden kann, dass also diese Eigenschaft – obwohl sie nicht durch Selektion entstanden ist – gleichwohl in der Population angehäuft werden kann. – Dieser Umstand berührt den für das Verständnis von Anpassung wichtigen Punkt: Durch Vermehrung eines (nicht durch Selektion gebildeten) Merkmals kann eine Population also durchaus angepasst werden: Anpassung erfolgt nicht am Individuum, sondern an Populationen.

## 5.2 Ursachen der Anpassung

Im Hinblick auf Mechanismen der Anpassungen äußern Probanden in früheren Untersuchungen nur recht sparsam Vorstellungen. In ihren Augen können sich Lebewesen zum Zweck der Anpassung gezielt kreuzen (Engel Clough & Wood-Robinson, 1985) oder auch aktiv nach einem passenden Lebensraum suchen (Engel Clough & Wood-Robinson, 1985). Organe können dauerhaft durch fortwährenden Gebrauch oder Nichtgebrauch verändert werden (Bishop & Anderson, 1990).

Zur Zeitspanne adaptiver Änderungen könnten die Vorstellungen nicht heterogener sein. Sie reichen von der Lebensspanne eines Individuums (Brumby 1984) bis zu einer Vielzahl von Generationen.

Die genannten Vorstellungen wurden auch in der vorliegenden Untersuchung ermittelt. Mit den Ergebnissen, die mit der Denkfigur *Adaptive körperliche Umstellung* formuliert wurden, wird das Ursachendenken der Schülerinnen und Schüler jedoch genauer erfasst als in den früheren Untersuchungen. Beim Nachdenken über Ursachen der Anpassung wird häufig der Körper als Akteur verstanden, der für die nötigen Veränderungen sorgt (s. Abschnitt 4.2). Das Deutungsschema von Anpassung als intentionaler Handlung wird also im Bemühen, die physiologischen Ursachen der körperlichen Veränderungen zu beschreiben, durch die automatische Anpassungsreaktionen des Körpers ersetzt. Dabei wird vorausgesetzt, dass der Körper sinnvoll im Sinne der Anpassung reagiert. Dies korrespondiert auffallend mit anderen Untersuchungen. Im Zusammenhang mit physiologischer Regelung und Gesundheit äußern Lernende entsprechend, dass der Körper „merke“ oder „wisse“, was zur Gesunderhaltung nötig sei (Konzept *Körperweisheit*, vgl. von Borstel, 2004; Focken zum Buttell, 2004; Sturm, 2004). In ökologischen Zusammenhängen wird öfters die „Natur“ als Akteur eingesetzt, der für Harmonie zwischen den Organismen sorgt und ein „biologisches Gleichgewicht“ herstellt (*Naturweisheit*, vgl. Sander, 2003). Dem Einsetzen der Natur oder des Körpers als Akteur widerspricht nicht, dass die konkret gemeinten Prozesse ebenfalls vor-

gestellt werden, z. B. Räuber-Beute-Beziehungen oder Organfunktionen. Die Teilprozesse werden hier vielmehr als im Dienst des übergeordneten Ganzen gedacht. In Bezug auf die Konzepte *Art (Rasse) erhaltende Anpassung* und *Anpassungs-Notwendigkeit* weisen einige Interviews ebenfalls darauf hin, dass in den Vorstellungen der Lernenden die Natur als weise handelnder Akteur an die Stelle individueller Intentionen der Lebewesen treten kann.

Die Schülervorstellungen zu adaptiven physischen Veränderungen machen deutlich, dass eine bloße Widerlegung finalistischer, vulgär-lamarckistischer Konzepte, wie sie die Schulbücher präsentieren, nicht geeignet ist, das Denken der Schülerinnen und Schüler zu erreichen. Die in den Schülervorstellungen vorherrschende Denkfigur *Gezieltes adaptives Handeln* ist bei Lamarck nicht zu finden. Lamarck selbst argumentiert streng mechanistisch-physiologisch und nicht intentional oder finalistisch. Ähnlichkeiten der tatsächlichen Konzepte von Lamarck und der Lernenden sind also eher bei der *Denkfigur Adaptive körperliche Umstellung* zu finden. Will und kann man Lamarcks Theorie im Unterricht nicht wissenschaftshistorisch korrekt aufarbeiten, um über diese (nicht ganz leicht begehbbare) Brücke die Lernenden zu mehr physiologisch-kausalem Denken zu leiten, dann sollte man sie direkt ihre Vorstellungen im Unterricht artikulieren und reflektieren lassen.

Aus diesem Umstand ergeben sich weitere Hinweise zur *Didaktischen Strukturierung*. Da man teleologische und finale Denkweisen der Schülerinnen und Schüler im allgemeinen als Hindernis für das Lernen der wissenschaftlichen Vorstellungen ansieht, wird im Unterricht häufig rigide darauf geachtet, dass „Anpassung“ im evolutionären Sinn ausschließlich mit dem Passiv umschrieben wird, demzufolge Lebewesen stets der Umwelt angepasst werden, sich jedoch nicht aktiv anpassen.

Dieser Grundsatz verhindert nicht, dass Anpassung vom Individuum her gedacht wird, und betrifft zudem nur eine Seite der Medaille. Die *Fachliche Klärung* zeigt die andere Seite, bei der die Lebewesen als aktive Veränderer ihrer Umwelt auftreten. Lebewesen sind in der

Evolution nicht nur an ihre Umwelt angepasst worden, sondern sie haben diese vielfältig verändert (beispielsweise durch Anreicherung der Atmosphäre mit Sauerstoff). Die Populationen der Lebewesen werden also nicht nur ihrer Umwelt angepasst. Sie sind nicht nur passiv das Ergebnis von Anpassung, sie suchen sich auch nicht nur einen geeigneten Lebensraum aus, sondern sie verändern die Umwelt auch so, dass sie zu ihnen passt bzw. neue Lebens- und Entwicklungsmöglichkeiten (auch für andere Arten) eröffnet. Mit dem Aspekt der biotischen Veränderung der Umwelt kann produktiv an die Vorstellungen der Lernenden angeknüpft werden, indem fachliche Aussagen und lebensweltliche Vorstellungen sich gegenseitig ergänzen (vgl. Baalman, Frerichs, Gropengießer & Kattmann, 1999). Allerdings fehlt hierfür bisher ein treffender Fachterminus. So, wie man in Hinsicht auf die Veränderung der Lebewesen von Anpassung an die Umwelt spricht, so kann man in Hinblick auf die Veränderungen der Umwelt von *Aneignung* durch die Lebewesen sprechen. Anpassung und Aneignung sind komplementäre Begriffe: Die Lebewesen sind an ihre Umwelt angepasst; die Umwelten sind von den Lebewesen angeeignet. Selektion

besteht nicht in der Einwirkung von Umweltfaktoren auf den Organismus, sondern sie ist das Ergebnis der Wechselbeziehungen zwischen den Lebewesen und ihrer Umwelt. Die biotisch verursachten Änderungen der Umwelt wirken daher auf die Selektion der Lebewesen ein. Beide sind gleichermaßen Ergebnis der Selektion. Nur wenn beide Begriffe zusammen gedacht und die Termini entsprechend im Unterricht benutzt werden, können die evolutionären Wechselbeziehungen zwischen Organismen und ihrer Umwelt angemessen erfasst werden (Kattmann 1991). Dabei werden enge Beziehungen zur Ökologie hergestellt, da das Herstellen von Umweltbeziehungen durch die Lebewesen auch als das Bilden von ökologischen Nischen beschrieben werden kann. Die terminologische und begriffliche Klärung ist in Tabelle 1 zusammengefasst. Weder bei Anpassung noch bei Aneignung wird also naturwissenschaftlich mit zielgerichteten Faktoren gerechnet. Insofern kann an die Lernervorstellungen nur hinsichtlich der Tätigkeit der Lebewesen angeknüpft werden, diese Vorstellung ist jedoch auf bestimmte Fälle zu beschränken und hinsichtlich der Finalität zu korrigieren.

Referenten	Konzepte	Termini
<i>Organismus</i>		
Prozesse	Lebewesen werden an ihre Umwelt angepasst - durch Selektion - durch physiologische Reaktion	<b>Anpassung</b> stammesgeschichtliche Anpassung an die Umwelt, Adaptation individuelle Anpassung (Modifikation)
Zustände /Eigenschaften	Lebewesen sind ihrer Umwelt durch Selektion angepasst worden	<b>Angepasstheit</b>
	Lebewesen passen zufällig (ohne Selektion) zu Umweltbedingungen, Eigenschaften passen für mehrere Funktionen und neue Umweltbedingungen	<b>Eignung</b> Exaptation  <b>Mehrfacheignung</b> (sogenannte Präadaptation)
<i>Umwelt</i>		
Prozesse	Die Umwelt wird von Lebewesen verändert, es werden neue Umweltbeziehungen hergestellt	<b>Aneignung</b> der Umwelt  <b>Nischenbildung</b> Annidation

Tabelle 1: Terminologie der „Anpassung“ (nach Kattmann 1991, S. 21)

### 5.3 Anpassung und Genetik

Die Verbindung von Anpassung und Genetik entdeckten die Lernenden während der Interviews selber und einige artikulierten deutlich ihre damit verbundenen Schwierigkeiten. Die Interviewpartner hatten in der Sekundarstufe II noch keinen Unterricht zum Thema Evolution gehabt. Es überrascht daher nicht, dass ihre Vorstellungen zur Anpassung von intentionalen und teleologischen Prozessen beherrscht werden. Die meisten interviewten Schülerinnen und Schüler hatten jedoch das gesamte Curriculum an Genetik hinter sich, das die Lehrpläne am Gymnasium vorsehen. Nichtsdestotrotz hatte keiner von ihnen auch eine nur annähernd genetisch fundierte Idee, wie die Veränderung des Phänotyps von einer Veränderung des Genotyps bewirkt werden könnte. Ganz offensichtlich werden die Vorstellungen von Mutation stattdessen stark von der Denkfigur *Gezieltes adaptives Handeln*, also vom teleologisch verstandenen evolutionären Kontext beeinflusst:

- Die genetischen Vorstellungen und Begriffe werden von den Schülern so re-interpretiert, dass sie ihre intentionalen Vorstellungen von Anpassung unterstützen.
- Die Termini «Dominanz» und «genetische Information» werden von den Schülern im evolutionären Kontext im Sinne ihrer irrelevanten wörtlichen Bedeutung verstanden. Die fachliche Bedeutung der Termini, die im Genetikunterricht hätte gelernt werden sollen, wird von ihnen nicht beachtet.

Auf diese Weise konstruieren sich die Lernenden ihre *persönliche Genetik*. Der weithin vertretene Grundsatz, Genetik vor der Behandlung der Evolution zu unterrichten, erscheint auf diesem Hintergrund ohne Basis: Die Annahme oder Hoffnung, dass genetische Kenntnisse das Verständnis von evolutionsbiologischen Vorgängen erleichtern oder fördern, erfüllt sich nach den Ergebnissen nicht. Die Gründe dafür liegen auf der Hand: Anpassung und Angewandtheit werden längst vor dem Genetikunterricht (und im Biologieunterricht der Sekundarstufe I bisher auch ohne Evolution) lebensweltlich gedeutet und verstanden. Die

nicht evolutionär unterrichtete Genetik hat als Vorbereitung auf das Thema Evolution eine kontraproduktive Wirkung. Schülervorstellungen von der Vererbung sind von der Konstanz der Gene geprägt, und nicht von Variabilität und Mutation, wie Vera Frerichs (1999) gezeigt hat.

Aus den Ergebnissen sind Schlussfolgerungen für den Unterricht zu ziehen. Der Zusammenhang der drei Denkfiguren zeigt, dass die Lernenden ihre finalen Vorstellungen vom sichtbaren organismischen Bereich und den angenommenen physiologischen Wirkungen auf den unsichtbaren molekularen Bereich übertragen. Die Lernenden unterscheiden im Bereich der Genetik kaum zwischen der Ebene des Phänotyps und der des Genotyps (vgl. Frerichs 1999). Diese Beobachtungen legen es nahe, die *Ebenen der Betrachtung* im Unterricht stärker zu beachten sowie deren Zusammenhänge und Differenzen jeweils ab- und aufsteigend zu reflektieren («Jo-Jo-Lernen», vgl. Knippels, 2002).

In diese Vorgehensweise wären auch die Vorstellungen vom Informationsfluss in die Gene und der Vererbung erworbener Eigenschaften einzubeziehen. Letztere lässt sich nicht einfach durch alltägliche Erfahrungen widerlegen. Vor allem in Interviews zur Genetik wird z. B. nicht als Gegenbeweis akzeptiert, dass antrainierte Muskelgröße eines Sportlers nicht an Kinder vererbt wird. In den Lernervorstellungen spielt vielmehr die Notwendigkeit des erworbenen Merkmals für das Überleben des Organismus die entscheidende Rolle (*Anpassungs-Notwendigkeit*). Liegt diese vor, so wird auch die Vererbung des Merkmals postuliert. Auch das wissenschaftshistorisch bedeutsame Experiment des Genetikers August Weismann, in dem er mehreren Generationen von Mäusen die Schwänze stutzte, um die Vererbung erworbener Eigenschaft zu widerlegen, ist für Schülerinnen und Schüler auf diesem Hintergrund nicht überzeugend.

Als Konsequenz aus den referierten Untersuchungsergebnissen wird für die *Didaktische Strukturierung* der Bereiche Genetik und Evolution vorgeschlagen, beide Themenbereiche nicht isoliert nacheinander zu unter-

richten, sondern miteinander zu verschränken. Das Ziel eines solchen Biologieunterrichts ist es, die Themen Evolution und Genetik so zu kombinieren, dass die Konzepte und Denkfiguren beider Bereiche im Denken der Schüler miteinander in Berührung kommen. Vorstellungen von der Konstanz der Gene und von intentional begründeter Anpassung sind sowohl miteinander als auch mit den fachlich geklärten Vorstellungen zu ungerichteter Mutation und Selektion zu konfrontieren. Auf diese Weise können die Lernenden dazu ermutigt werden, ihre eigenen Vorstellungen in beiden Bereichen gegenüber zu stellen, zusammen zu reflektieren und dabei zu einem angemessenen Verständnis sowohl von Vererbung wie auch vom evolutionären Wandel zu gelangen. Ein Beispiel für dieses Vorgehen wird mit der Unterrichtseinheit «Der Fall Birkenspanner» gezeigt (Baalmann & Kattmann, 2000).

## Literatur

- Aufschnaiter, S. von, Fischer, H. E. & Schwedes, H. (1992). Kinder konstruieren Welten. Perspektiven einer konstruktivistischen Physikdidaktik. In S. J. Schmidt, (Hrsg.), *Kognition und Gesellschaft*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Baalmann, W. (1998): Das Thema Evolution im Unterricht, Schülervorstellungen als Voraussetzung und Chance. In Bericht über die 11. Fachleitertagung für Biologie an den Seminaren für Lehrerbildung in der Bundesrepublik Deutschland. Schriften des Deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e.V., Heft 59 (S. 85-92). Münster: Tappe.
- Baalmann, W.; Frerichs, V., Gropengießer, H. & Kattmann, U. (1999). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Untersuchungen in den Bereichen „Genetik“ und „Evolution“. In R. Duit, & J. Mayer (Hrsg.), *Studien zur naturwissenschaftsdidaktischen Lern- und Interessenforschung* (S. 82-92). Kiel: IPN.
- Baalmann, W., Frerichs, V. & Kattmann, U. (1999): Warum die Gorillas schwarz wurden. In Günther-Arndt, H. (Hrsg.). *Fachdidaktik als Zentrum professioneller Lehrerbildung* (S. 35-49). Oldenburger Vor-Drucke 387. Oldenburg: Didaktisches Zentrum.
- Baalmann, W. & Kattmann, U. (2000). Birkenspanner: Genetik im Kontext von Evolution. In *Unterricht Biologie*, 24 (260), 32-35.
- Bishop, B. A. & Anderson, C.W. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching* 27, 415-427.
- Borstel, I. von (2004). Vorstellungen von „Stress“ in der Fachwissenschaft und bei Schülerinnen und Schülern. Oldenburger Vor-Drucke. Oldenburg: Didaktisches Zentrum (im Druck).
- Brumby, M. N. (1979). Problems in learning the concept of natural selection. *Journal of Biological Education*, 13, 119-122.
- Brumby, M. N. (1984). Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. *Science Education*, 68, 493-503.
- Deadman, J. A. & Kelly, P. J. (1978). What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biological Education*, 12 (1), 7-15.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75 (6), 649-672.
- Duit, R. (1994). Research on students' conceptions — developments and trends. In H. Pfundt, & R. Duit (Hrsg.), *Bibliographie Alltagsvorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht*. Kiel: IPN.
- Duit, R. (2002). Bibliography - STCSE. Students' and teachers' conceptions and science education, URL <http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html>.
- Engel Clough, E. & Driver, R. (1986). “A study of consistency in the use of students' conceptual frameworks across different task contexts.” *Science Education*, 70 (4), 24.
- Engel Clough, E. & Wood-Robinson, C. (1985). “How secondary students interpret instances of biological adaptation.” *Journal of Biological Education*, 19 (2), 125-130.
- Focken-zum Buttell, N. (2004). Schülervorstellungen und fachliche Vorstellungen zur Wärmeregulation des Körpers. Oldenburger Vor-Drucke. Oldenburg: Didaktisches Zentrum (im Druck).
- Frerichs, V. (1999). Schülervorstellungen und wissenschaftliche Vorstellungen zu den Strukturen

- und Prozessen der Vererbung – ein Beitrag zur Didaktischen Rekonstruktion. Oldenburg: Didaktisches Zentrum.
- Glaserfeld, E. von (1992). Wissen, Sprache und Wirklichkeit. Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg.
- Gould, S. J. & Vrba, E. S. (1982). Exaptation – a missing term in the science of form. *Palaeobiology*, 8 (1), 4-15.
- Gropengießer, H. (2001). Didaktische Rekonstruktion des Sehens. Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion, Bd. 1. Oldenburg: Didaktisches Zentrum.
- Gropengießer, H. (2003). Lebenswelten, Denkwelten, Sprechwelten. Wie man Vorstellungen der Lerner verstehen kann. Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion Bd. 4. Oldenburg: Didaktisches Zentrum.
- Haldén, O. (1988). The evolution of the species: pupil perspectives and school perspectives. *International Journal of Science Education*, 10 (5), 541-552.
- Haldén, O. (1999). Conceptual change and contextualization. In W. Schnotz, S. Vosniadou, M. Carretero, (Eds.), *New perspectives on conceptual change* (pp. 53-66). Oxford, UK: Pergamon.
- Haldén, O., Hansson, G. & Skoog, G. (1993). Evolutionary reasoning in answers to two questions used to measure the development of understanding evolutionary theory. In J. Novak (Ed.), *Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, New York: Cornell University (URL <http://www2.ucsc.edu/mlrg/proc3abstracts.html> [17.11.2003]).
- Hedewig, R. (1988). Naturvorstellungen von Schülern – Ergebnisse einer Befragung von Schülern der Jahrgangsstufen 3 bis 10 unterschiedlicher Schulformen. In R. Hedewig & W. Stichmann (Hrsg.), *Biologieunterricht und Ethik* (S. 212-229). Köln: Aulis.
- Huber, G. L. & Mandl, H. (1982). *Verbale Daten*. Weinheim, Basel: Beltz.
- Jensen, M. S. & Finley, F. N. (1995). Teaching evolution using historical arguments in a conceptual change strategy. *Science Education*, 79 (2), 147-166.
- Jensen, M. & Finley, F. (1997). Teaching evolution using a historically rich curriculum & paired problem solving instructional strategy. *The American Biology Teacher*, 59 (4), 208-212.
- Jimenez-Aleixandre, M. P. (1992). Thinking about theories or thinking with theories?: A classroom study with natural selection. *International Journal of Science Education*, 14 (1), 51-61.
- Jimenez-Aleixandre, M. P. & Fernandez Perez, J. (1987). Selection or adjustment? Explanations of university biology students for natural selection problems. In J. Novak (Ed.), *Proceedings of the 2. Int. Seminar Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*, Vol. II (pp. 224-238). Ithaca: Cornell University.
- Johnson, M. (1987). *The body in the mind. The bodily basis of meaning, imagination, and reason*. Chicago, London: University of Chicago Press.
- Kattmann, U. (1991). Die Dialektik von Sprache und Begriff im Biologieunterricht. In W.-D. Lepel & U. Kattmann (Hrsg.), *Sprache, Begriffe und Gesetze in der Biologiedidaktik* (S. 13-24). Oldenburg: Zentrum für pädagogische Berufspraxis (jetzt: Didaktisches Zentrum).
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). *Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung*. ZfDN 3(3), 3-18
- Kelly, G. A. (1963). *A theory of personality. A psychology of personal constructs*. New York, London: Norton & Company.
- Knippels, M. C. P. J. (2002). *Coping with the abstract and complex nature of genetics in biology education*. Utrecht: CD- Press.
- Lakoff, G. (1987). *Women, fire and dangerous things. What categories reveal about the mind*. Chicago, London: University of Chicago Press.
- Lakoff, G. & Johnson, M. (1980). *Metaphors we live by*. Chicago, London: University of Chicago Press.
- Lakoff, G. & Turner, M. (1989). *More than cool reason*. Chicago, London: University of Chicago Press.
- Lamnek, S. (1989). *Qualitative Sozialforschung*. Bd. 2. München: Psychologie Verlags Union.
- Lorenz, K. (1965). *Phylogenetische Anpassung und adaptive Modifikation des Verhaltens*. In K. Lorenz, *Über tierisches und menschliches Verhalten* (S. 301-358). München: Piper.

- Margolis, E. & Laurence, S. (Eds.). (1999). *Concepts*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Mayring, P. (2000). *Qualitative Inhaltsanalyse*. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
- Posner, G., Strike, K., Hewson, D. & Gertzog, W. (1982). Accomodation of a scientific conception: Towards a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Roth, G. (1994). *Das Gehirn und seine Wirklichkeit. Kognitive Neurobiologie und ihre philosophischen Konsequenzen*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Roth, G. (2001). *Fühlen, Denken, Handeln*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Roth, G. & Schwegler, H. (1995). Das Geist-Gehirn-Problem aus der Sicht der Hirnforschung und eines nicht-reduktionistischen Physikalismus. *Ethik und Sozialwissenschaften*, 6, 69-156.
- Sander, E. (2002). *Wissenschaftliche Konzepte und Schülervorstellungen zum „biologischen Gleichgewicht“*. Ein Forschungsprojekt im Rahmen des Modells der Didaktischen Rekonstruktion. In R. Klee & H. Bayrhuber (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik*, Band 1 (S. 61-74). Innsbruck: Studienverlag.
- Sharmann, L. C. & Harris, W. M. (1992). Teaching evolution: Understanding and applying the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching* 29 (4), 375-388.
- Schütze, F. et al. (1973). *Grundlagentheoretische Voraussetzungen methodisch kontrollierten Fremdverstehens*. In Arbeitsgruppe Bielefelder Soziologen (Hrsg.), *Alltagswissen, Interaktion und gesellschaftliche Wirklichkeit*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Schrooten, G. (1981). „Anpassung“ („Adaptation“) – ein Beispiel für die Schwierigkeit, biologische Sachverhalte eindeutig auszudrücken. *Der Biologieunterricht*, 17 (3), 56-60.
- Searle, J. R. (1996). *Die Wiederentdeckung des Geistes*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp Taschenbuch.
- Strike, K. & Posner, G. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In R. A. Duschl & R. J. Hamilton (Eds.), *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*. Albany, NY: State University of New York Press.
- Sturm, M. (2004). *Schülervorstellungen und fachliche Vorstellungen zu den Funktionen und Strukturen der Haut*. Oldenburger VorDrucke. Oldenburg: Didaktisches Zentrum (im Druck).
- Wandersee, J. H., Good, R. G. & Demastes, S. S. (1995). *Forschung zum Unterricht über Evolution: Eine Bestandsaufnahme*. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 1 (1), 43-54.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J. & Novak, J. D. (1994). *Research on alternative conceptions in Science*. In D. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 177-210). New York: NSTA/Macmillan.
- Weitzel, H. & Gropengießer, H. (2003). *Anpassung verstehen lernen heißt Evolution verstehen lernen. Didaktisch rekonstruierte Lernangebote zur Anpassung*. In Bauer, A. et al. (Eds.), *Entwicklung von Wissen und Kompetenzen im Biologieunterricht* (S. 221-224). Kiel: IPN.
- Wilfried Baalmann ist Lehrer am Gymnasium in Schneverdingen.
- Dr. Vera Frerichs ist Mitwirkende an der Fachleitung für Biologie am Studienseminar in Leer.
- Dr. Harald Gropengießer ist Professor für Didaktik der Biologie an der Universität Hannover.
- Holger Weitzel ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts für Didaktik der Biologie der Universität Frankfurt
- Dr. Ulrich Kattmann ist Professor für Didaktik der Biologie an der Universität Oldenburg
- Prof. Dr. Ulrich Kattmann  
Mittellinie 71  
D-26160 Bad Zwischenahn

**Anhang**  
Leitfaden der problemzentrierten Interviews

<b>Einstieg</b>		
Woran denkst du beim <u>Stichwort Evolution</u> ?	Entwicklung der Natur, ... zum Menschen, Darwin, Auslese, Kampf ums Dasein, Steinzeit, Dinosaurier, Aussterben, Veränderung, Artenwandel	<i>entsprechende Stichwörter aufgreifen und näher erläutern lassen</i>
(Hinweise auf Vergangenheit/ Zeit für Aspekt des Wandels nutzen)		
( <i>Wenn nichts kommt:</i> ) <u>Saurier-Abbildung</u> : Erzähl bitte, was dir zu diesem Bild einfällt. -	Dinosaurier, Aussterben, Vergangenheit der Erde, lange Zeiträume, Veränderung (in) der Natur	<i>aufgreifen</i> : Aussterben (was heißt das, wie, warum?), Zeit (welche Bedeutung hat sie, was geschieht?)
Wenn du das mit der Welt, so wie sie heute ist, vergleichst, was fällt dir auf?	heute andere Tierarten, Erde hat sich verändert, Lebewesen haben sich verändert, neue Arten sind entstanden	<i>näher erläutern lassen</i> : andere Tierarten woher, Veränderung wie?

<b>Neandertaler</b> ( <i>nur dann so früh, wenn Mensch beim Einstieg Hauptpunkt</i> )		
Du hast sicher schon einmal vom Neandertaler gehört. Was kannst du mir darüber erzählen? -	Urmensch, Steinzeitmensch, Vorfahre des Menschen, Zwischenstufe Affe - Mensch, gebückter Gang, primitiv, roh,	<i>ggf.</i> : Du hast gesagt, der Mensch stamme von Affen ab - wie stellst du dir diese Entwicklung genauer vor?
<i>später</i> : Die Neandertaler lebten in Europa und Vorderasien. Nach neuerer Ansicht sind sie nicht unsere direkten Vorfahren. Diese haben aber längere Zeit gleichzeitig mit den Neandertalern in demselben Gebiet gelebt. Die Neandertaler sind dann jedoch verschwunden. Was denkst du: Welche Ursache könnte das gehabt haben?	Unsere Vorfahren waren den N. überlegen: geistig körperlich, werkzeug- und waffentechnisch; N. sind ausgestorben; N. wurden ausgerottet im Kampf (ums Dasein), N. haben Umweltveränderung (Klimawandel o. Ä.) nicht so gut widerstehen können	<i>näher erläutern lassen</i> : Kampf (ums Dasein) s. u., <i>dort anknüpfen, auf soziale Aspekte lenken</i> (Gibt es einen solchen Kampf ums Dasein heute beim Menschen auch noch? Wie sieht er aus? In welcher Form?), <i>ausdehnen auf übrige Lebewesen</i>

<b>Birkenspanner</b>		
<i>(Abb. heller B. auf hellem Baumstamm)</i> Ich habe hier ein Foto mitgebracht ... Was fällt dir dazu ein? (Anpassung, Tarnung o. Ä.) Was denkst du: Wie ist das entstanden?	gut getarnt, kaum zu sehen für Feinde, hat sich an Untergrund angepasst, hat sich passenden U. gesucht, (um vor Feinden geschützt zu sein), die Natur hat es so eingerichtet	<i>nachfragen:</i> Wie ist es zu dieser Anpassung gekommen? ggf.: Wie macht die Natur das? Was bedeutet das: angepasst sein, Anpassung?
<i>(Abb. dunkler B. auf dunklem Baumstamm) ...?</i>	andere Art, an andere Bedingungen angepasst,	<i>klären</i> , ob als <u>andere Art</u> angesehen
Diese Form trat zunächst sehr selten auf, wurde jedoch immer häufiger in Industriegebieten, wo infolge der Luftverschmutzung die Baumstämme dunkel wurden. Was meinst du dazu/ Wie erklärst du dir das?	dunkler fand hier günstigere Bedingungen, die hellen wurden häufiger gefressen, hat sich angepasst, durch Luftverschmutzung verändert, Mutation	<i>nachfragen:</i> aber woher ist die dunkle Form gekommen? <i>näher erläutern lassen:</i> wie ist das geschehen? <i>Mutation s. nächste Frage</i>
<i>(ggf. Stichwort <b>Mutation</b> aufgreifen)</i> Erkläre bitte noch etwas genauer, was du mit Mutation meinst.	(notwendige) Veränderung des „Erbgutes“, ... durch die Umweltbedingungen	<i>näher erläutern lassen:</i> wodurch hervorgerufen? wie geschieht dabei was? (Teleologie, Anthropol?)
<i>(Abb. mit beiden Formen bei der Faarung)</i> Hier habe ich noch ein weiteres Foto. Was meinst du dazu?	beide gehören doch einer Art an; Kreuzung verschiedener Arten/ Rassen	<i>näher erläutern lassen; klären:</i> Artbegriff (oder mit der nächsten Frage); Art- / Rassenmischung, Aussehen / Fruchtbarkeit der Nachkommen ...

**Hainbänderschnecken, Variabilität***(Nachschieben, falls Variabilität nicht zur Erklärung herangezogen wird)*

<i>(Abb. Hainbänderschnecken)</i> Was meinst du: Wie viele verschiedene Schneckenarten sind auf diesen Fotos zu sehen? Könnten die auch zu einer Art gehören? Warum (nicht)? An welchen Kriterien orientiert sich Deine Entscheidung? Was kennzeichnet eine Art?	<u>mehrere Arten</u> (evt. ähnliche Individuen jeweils zusammengefasst), Ähnlichkeit als Artkriterium; <u>eine Art</u> , Fortpflanzungsgemeinschaft als Artkriterium, Individuen einer Art unterscheiden sich	<i>Artbegriff klären:</i> was verstehst du unter einer Art? Unterscheiden sich die einzelnen Angehörigen einer Art überhaupt nicht? <i>nachfragen:</i> wodurch kommen diese Unterschiede zustande?
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

*Falls keine Erklärung für Birkenspanner im Sinne von natürlicher Auslese:*

**Giraffe**

Du weißt sicher, wie Giraffen aussehen. Was glaubst du, wie ihr langer Hals entstanden ist?

benötigten langen Hals, um an die Blätter zu gelangen (unten zu große Konkurrenz), intensiver Gebrauch, ständiges Strecken, zielger. Mutation führen zu dieser Veränderung

*nachfragen:* wie geschieht die Veränderung (Mechanismus) Teleol., Anthropol.? *Formulierung ggf. prüfen*

**Kampf ums Dasein**

*(nach Mögl. Zusammenhang zu vorherigen Äußerungen herstellen; falls nicht als Stichwort geliefert:)*

Man hört im Zusammenhang mit der Anpassung/ Entwicklung/ Evolution (oder andere Varianten, je nach Gespräch) häufig den Ausdruck Kampf ums Dasein. Was stellst du dir darunter vor?

in der Natur kämpfen alle Arten gegeneinander ums Überleben, der Stärkere überlebt u. ä.;

Wie sieht dieser Kampf aus? [gibt es diesen Kampf demnach nur bei Tieren? s. letzte Frage] [ggf.: Kämpfen die Angeh. derselben Art gemeinsam gegen andere Arten oder auch gegeneinander?]

ist nur bildlich zu verstehen

*näher erläutern lassen*

**Fitness**

Was verstehst du in der Biologie unter „Fitness“? Was bedeutet es deiner Meinung nach, wenn in der Biologie von der Fitness (der Individuen) gesprochen wird?

körperliche Fitness, Gesundheit; wichtig für das Überleben, Überleben des Tüchtigsten, des Fittesten; hohe Nachkommenzahl

welche Bedeutung hat die Fitness für die Lebewesen? welche Eigenschaften sind wichtig?

<b>Selektion &amp; Gesellschaft</b>		
<p>(sofern möglich, auf Auslese zurückkommen)</p> <p>Du hast vorhin von Auslese gesprochen. Spielt diese Auslese auch beim Menschen eine Rolle?</p>	<p>nein, Mensch ist frei in seinen Entscheidungen, politisches, soziales Handeln und die entspr. Bedingungen sind entscheidend;</p> <p>j/n, früher, heute nicht mehr: Kultur - Unabhängigkeit von Natur;</p> <p>ja, früher haben sich die Urmenschen horden bekämpft, die stärksten u. besten überlebten, entscheidend für den Fortschritt;</p> <p>ja, Menschen sind unterschiedlich, untersch., Fähigkeiten spiegeln sich in sozialem Status wider, spiegeln sich im Entwicklungsstand der Völker wider</p>	<p>In welcher Form/Weise? Wie findet sie statt? Wie wirkt sie? Hat sie früher einmal eine Rolle gespielt? Welche? Kannst du Beispiele nennen?</p> <p><i>Fortschrittsgedanke!?</i></p>
<p>(falls Anknüpf. nicht möglich o. dazu: Text (Frisch o. Linder) zur Stellungnahme vorlegen. Nur in S II)</p>	<p><b>Frisch I:</b> recht offen, welche kulturellen Entw. sind nachteilig bzw. wie äußern sie sich? mögl.-weise werden genannt: Medizin, soziale Fürsorge, Entwickl.hilfe ...;</p> <p><b>Frisch II:</b> in drastischer Form vorgegeben: vermeintliche neg. Folgen der fehlenden natürlichen Auslese; fordert zur Stellungnahme und Bewertung auf</p> <p><b>Linder:</b> nur erster Satz vergleichbar mit Frisch I, ganz vergleichbar mit Frisch I und II</p>	<p><i>Frisch-Text sehr viel drastischer formuliert als Linder, Aussage aber sehr ähnlich</i></p> <p><i>beachten:</i> Ausdruck Mutation kommt im Text vor!</p>

<b>Dingo</b>		
<i>(nur wenn zu Kampf ums Dasein noch nichts gekommen ist)</i>		
<p>Die Nachkommen verwilderter Haushunde entwickelten sich in Australien zum Wildhund, Dingo genannt. Der Dingo breitete sich rasch auf dem ganzen Kontinent aus. Dabei verdrängte er den seit Jahrmillionen in Australien heimischen Beutelwolf immer weiter, bis dieser schließlich ausstarb. Wie würdest du das erklären?</p>	<p>Konkurrenz (um Nahrung, Reviere), gleiche ökol. Nische</p> <p>Dingo überlegen (im Kampf ums Dasein)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- stärker (Kampf?)</li> <li>- geschickterer Jäger</li> <li>- schnellere Fortpflanzung</li> <li>- Kulturfolger</li> </ul>	<p>wie äußert sich der Kampf?</p>

<b>Mutation</b> <i>(falls noch nicht angesprochen)</i>		
<p>Abb. weißer Gorilla (Albino - Mutante) vorlegen: Was ist auf diesem Foto zu sehen? was siehst du auf diesem Foto? <i>Oder:</i> Du hast bestimmt schon einen Gorilla gesehen, im Zoo, im Film oder in einem Buch. Beschreibe bitte, wie ein Gorilla aussieht. - O.k., ich zeige dir jetzt ein Foto von einem Gorilla, <b>oder</b> Frage mit Bezug auf entspr. vorherige Äußerung: Hat das, was du sagtest, etwas mit Mutation zu tun? Welche Rolle spielen Mutationen in diesem Zusammenhang? Du hast von Mutationen gesprochen. Welche Bedeutung haben sie für die Entwicklung der Lebewesen?</p>		
		<p>Kannst du ihre Bedeutung für die Entwicklung der Lebewesen noch etwas ausführlicher darlegen?</p>
<p><i>(Falls etwas in Richtung Variabilität kommt: Gibt es noch weitere Faktoren, die zu dieser Vielfalt beitragen?)</i></p>		

<b>Gültigkeit der Evolutionsvorstellungen</b>		
<p><i>(da meist nur Tiere und der Mensch genannt werden dürfen)</i> a) Du hast bisher von Tieren und vom Menschen gesprochen. Gilt das Gesagte auch für Pflanzen und Mikroorganismen wie z. B. Bakterien? b) Geht die Evolution noch weiter, oder denkst du, dass sie abgeschlossen ist?</p>		<p><i>Begründung geben lassen, warum evtl. Unterschiede gemacht werden; ggf. nach Zusammenhängen zwischen den verschiedenen Gruppen fragen?</i></p>
<p>Abschließende Bemerkungen, Ergänzungen, Kommentare des Interviewpartners</p>		

Beachte: Nicht in jedem Interview müssen alle Aspekte erschöpfend behandelt werden. Interviewpartner nicht überfordern. Anlässe zum Gespräch geben und aus dem dann Angebotenen weiterentwickeln und in die Tiefe

gehen, dies ist wichtiger als Abfragen in der Breite des Leitfadens. So zwanglos und so wenig exogenes Material eingehend wie möglich vorgehen.

**Material:**

Es ist ja so, dass in der Tier- und Pflanzenwelt der freien Natur durch den Kampf ums Dasein unerbittlich vernichtet wird, was in seinen körperlichen Eigenschaften und in seinem Verhalten den Anforderungen des Lebens nicht entspricht. So war es auch noch bei den primitiven Menschen der Vorzeit. Unsere Kultur hat eine Entwicklung eingeleitet, die für die Zukunft unheilvoll werden muss, wenn man ihr untätig zusieht.

Wir haben uns von den Mächten der Natur weitgehend unabhängig gemacht. Humanität und ärztliche Kunst wenden alle Mittel an, um kranke Kinder, erbliche Krüppel, Idioten, blind oder taub Geborene am Leben zu erhalten. Sie können sich fortpflanzen, ja manche Leute mit erblichem Schwachsinn tun es ungehemmt und setzen zahlreiche Kinder in die Welt. Das Erbgut der Rasse wird ständig verschlechtert, da keine natürliche Auslese entgegen wirkt.

(aus: Karl von Frisch: *Biologie*, 3. Aufl. 1967)

**Die genetische Zukunft des Menschen**

Der Kulturmensch ist nicht mehr dem Einfluss der natürlichen Auslese in dem Maße unterworfen wie etwa Naturvölker oder gar Tiere in ihrem natürlichen Lebensraum. Schon vorhandene oder durch Mutation neu entstehende Erbkrankheiten werden also nicht mehr in jedem Fall durch natürliche Auslese verschwinden. Dies zeigt sich z. B. in einem verbreiteten Nachlassen der Sinnesleistungen (Sehen und Hören) [...] Eine wachsende Abhängigkeit von medizinischer Hilfe ist die Folge.

(aus: Linder *Biologie*, 20., neu bearbeitete Aufl., 1989, S. 399,

„Selektion“ durch „natürliche Auslese“ ersetzt)