

Strukturierendes Lernen in der Biologie mit Basiskonzepten

Hans-Dieter Lichtner, Bückeburg

30.08.07

Vorbemerkung: Der nachfolgende Artikel ist eine überarbeitete Version des Beitrags mit dem Titel „Konzepte und Erschließungsstrategien als Instrumente des kumulativen Lernens“, erschienen in R. Ballmann u.a.(2003). Weniger (Additives) ist mehr – (Systematisches) Kumulatives Lernen – Handreichung für den Biologieunterricht in den Jahrgängen 5 – 10, Hrsg. Verband Deutscher Biologen und biowissenschaftlicher Fachgesellschaft e.V.

1. Einleitung

Die Erkenntnis der Notwendigkeit systematische Wissensstrukturen aufzubauen, um der Stofffülle gerade im Fachbereich Biologie zu begegnen, ist nicht neu. Keine Wissenschaft hat in den letzten Jahrzehnten einen so rasanten Wissenszuwachs erfahren wie die Biologie. Es ist völlig ausgeschlossen in der Schule auch nur die bedeutsamsten Inhalte in befriedigend gründlicher Form zu behandeln. Folglich besteht ein enormer Handlungsbedarf, was den Umgang mit der Stofffülle betrifft.

Praktisch alle neueren Überlegungen zumindest in der Biologie laufen darauf hinaus, nicht mehr die Inhalte, sondern Kompetenzen als Basis der naturwissenschaftlichen Grundbildung (Scientific Literacy) in den Mittelpunkt zu stellen. Die schrittweise Steigerung dieser Kompetenzen bildet das zentrale Element des kumulativen Lernens. Im Gegensatz zum additiven Lernen bedeutet das

- den lebensweltlichen Bezug der Unterrichtsinhalte stärker zu beachten
- den Schwerpunkt auf den Aufbau einer komplexen Wissensstruktur zu setzen
- Lernfortschritt und Anwendung von Wissen als bedeutungsvolles Lernen erfahrbar zu machen und
- Output-Orientierung (das Ergebnis, d.h. die Fähigkeiten des Lerners zählen) statt Input-Orientierung
- themenverbindende Basiskonzepte in den Mittelpunkt des Unterrichts zu stellen.
[vgl. Kattmann 2002]

Die Veröffentlichung der neuen EPAs Biologie (2004) bietet die Chance einer gewisse Vereinheitlichung der Begrifflichkeiten. Trotz möglicher Bedenken, was die Vergleichbarkeit der Kategorien betrifft, sollen sie im Folgenden als Richtschnur dienen:

Die EPAs unterscheiden vier **Kompetenzbereiche**:

- **Fachwissen**; er umfasst neben allgemein bedeutsamen biologischen Phänomenen im Wesentlichen eben jene themenverbindenden **Basiskonzepte**
- **Erkenntnisgewinnung**; er umfasst die **fachspezifischen Arbeitsmethoden**, vor allem aber die Grundstrukturen **naturwissenschaftlicher Erkenntniswege** mit ihren Elementen Phänomen – Hypothesenbildung – experimentelle Überprüfung – Falsifikation von Hypothesen sowie **Induktion und Deduktion**. Auch die Arbeit mit konzeptionellen **Modellen** gehört hierher. Fast alle Elemente dieses Kompetenzbereiches sind in den drei Naturwissenschaften Biologie, Chemie und Physik identisch.
- **Kommunikation**; das **Erschließen und der Austausch von Informationen** stehen im Mittel-

punkt dieses fachübergreifenden Kompetenzbereiches

- **Bewertung**; er umschließt das Erkennen von biologischen Sachverhalten in verschiedenen **Kontexten** und deren Bewertung.

Für den Aufbau einer soliden Wissensstruktur spielen insbesondere die Basiskonzepte eine zentrale Rolle. Sie bilden deshalb den Schwerpunkt dieser Darstellung.

Die TIMMS-Studie und die PISA-Ergebnisse haben die Diskussion um das kumulative Lernen neu entfacht. Konstruktive Vorschläge für themenverbindende Konzepte wurden von der MNU, Thomas Freiman sowie von Ute Harms und Wolfgang Bündler im Rahmen der BLK-Programmförderung „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“ erstellt. Das sind aber nicht die ersten Versuche themenverbindende Konzepte für den Biologieunterricht zu entwickeln. Erwähnt seien hier nur kurz die *Kennzeichen des Lebendigen* aus den 70er Jahren und die 1990 von SCHAEFER vorgeschlagenen *Lebensprinzipien* [Schaefer].

Diese didaktischen Konzepte haben aber bislang – bis vielleicht auf die *Kennzeichen des Lebendigen* - kaum nennenswerten Einzug in den praktischen Unterricht gefunden. Sicherlich braucht es lange Zeit, bis neue didaktische Aspekte ihren Weg in die Schulen finden. Die Tatsache, dass die Grundforderung nicht neu ist, sondern bereits in den 70er Jahren Bestandteil der Ausbildung an den Studienseminaren war (vergl. Mostler/Krumwiede/Meyer 1979), deutet allerdings darauf hin, dass die praktische Umsetzung dieser Konzepte mit Schwierigkeiten verbunden ist.

Woran liegt das?

Themenverbindende Konzepte können sich im Unterrichtsalltag nur durchsetzen,
- wenn sie für die Schüler (übrigens auch die Lehrer!) transparent und einsichtig zu machen sind und
- wenn ihr Abstraktionsgrad so bemessen ist, dass sie auch für Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I eigenständig erschließbar sind.
Das setzt Anschaulichkeit und Konkretheit voraus.

Diese an sich recht nahe liegende Forderung stößt bei der praktischen Umsetzung von vielen der existierenden didaktische Konzepte jedoch auf Schwierigkeiten:

Spätestens am Beginn der Sekundarstufe I muss mit dem Aufbau entsprechender Wissensstrukturen als Grundlage des kumulativen Lernens begonnen werden, sonst besteht kaum die Möglichkeit einer wirklich effektiven Themenverbindung über einen längeren Zeitraum. Erschließungsfelder wie „Energie“, „Stoff“ und „Zeit“ (vergl. MNU, Freiman 2) sind sicherlich für den Fachdidaktiker und den Lehrer vor Ort nützliche Strukturierungshilfen für den Unterricht, stellen sie doch die Gesamtzusammenhänge der Biologie jenseits der Fachsystematik in einen umfassenden Zusammenhang. Die Reduzierung auf relativ wenige umfassende Erschließungsfelder bringt aber die Gefahr eines hohen Abstraktionsgrades mit sich. Wenn es nicht gelingt, sie auch Schülern der Sekundarstufe I in ihrer grundlegenden Bedeutung verständlich zu machen, reduzieren sie sich leicht zu wenig hilfreichen Worthülsen. Möglicherweise waren unter anderem ähnliche Probleme dafür verantwortlich, dass zum Beispiel die *Lebensprinzipien* (Schaefer) keine durchschlagende Verbreitung in den Schulen gefunden haben.

Anschaulichkeit setzt Konkretheit, Erfahrbarkeit und Objektnähe voraus: Das, was ich an meinem biologischen Untersuchungsobjekt sehen, erleben und direkt erschließen kann, bleibt haften und erlaubt eine eigenständige Verarbeitung im Sinne einer Verknüpfung mit anderen mir bereits bekannten biologischen Phänomenen. So entstehen Erklärungsmuster im Kopf und damit überge-

ordnete, auf neue Problemstellungen übertragbare Konzepte.

Der Forderung nach Anschaulichkeit und Objektnähe werden sicherlich am ehesten die *Kennzeichen des Lebendigen* gerecht. Allerdings gibt es eine Reihe von Phänomenen, die nur schwer diesen Begriffen zuzuordnen sind. Vor allem aber können sie leicht als verbindende Elemente mit rein deskriptivem Charakter missverstanden werden: Ein Kennzeichen wie „Bewegung“ beschreibt ja erst einmal nur ein gemeinsames Phänomen (fast) aller Lebewesen, weist jedoch noch keinen Konzeptcharakter auf. Dazu bedarf es einer genaueren Analyse der Gemeinsamkeiten von Bewegungsmustern bei fast allen Lebewesen wie des Prinzips der antagonistischen Bewegung. *Das für die Schülerinnen und Schüler leichter zugängliche, da verständlich erklärende verbindende Konzept wäre dann aber eben nicht die Bewegung an sich, sondern das antagonistische Bewegungsprinzip (Näheres siehe unter 2.2.).* Allerdings sei hier nur kurz angedeutet, dass Bewegung einige bedeutsame weitere Facetten umfasst, die weit über das antagonistische Bewegungsprinzip hinausgehen, etwa die Bedeutung der Bewegung bzw. Mobilität für das jeweilige Lebewesen.

Prinzipien dieser Art spielen nicht nur in der Fachdidaktik der Biologie, sondern auch in der Fachsystematik eine zentrale Rolle. So hat Ernst MAYR in seinem Vortrag „Die Autonomie der Biologie“ auf die überragende Bedeutung von Konzepten (vor allem der Selektionstheorie) für das Verständnis der Biologie hingewiesen. Und der große Erfolg des Lehrbuches von Neill A. CAMPBELL ist sicherlich auch damit zu erklären, dass die beteiligten Autoren jedem Thema übergeordnete und verbindende Schlüsselkonzepte zugeordnet haben.

Der einfache Versuch diese auf den Unterricht zu übertragen, scheitert aber an der Vielzahl der Aspekte, die hier zu berücksichtigen sind: Würde man alle in diesem Lehrbuch genannten Schlüsselkonzepte zusammenstellen, käme sicherlich ein eigenes Buch heraus.

Es geht also darum, einen geeigneten Kompromiss zwischen wenigen umfassenden, aber recht abstrakten Einheiten und einer großen verwirrenden Vielzahl von konkreten Elementen zu finden.

2. Grundelemente des kumulativen Lernens

Für das eigenständige Erschließen und Verstehen biologischer Phänomene sind folgende Schritte notwendig:

- Schülerinnen und Schüler müssen **die biologischen Objekte wissend sehen**, d. h. sie müssen einen Blick dafür entwickelt haben, was es prinzipiell überhaupt zu entdecken gibt. Dazu müssen sie **die richtigen Fragen** zu diesen Phänomenen stellen
- sie müssen erkennen, dass biologische Phänomene nicht (durchweg) chaotisch und verwirrend sind, sondern dass es **Basiskonzepte** gibt, die – einmal bekannt - sich auch in neuen unbekannt Phänomenen wiederfinden lassen und zu ihrem Verständnis entscheidend beitragen. Die Einsicht in die Übertragbarkeit ihres neu erworbenen Wissens auf andere neue Zusammenhänge ermöglicht es den Lernenden die Bedeutung der Lerninhalte für sich zu erkennen und eine haltbare Wissensstruktur aufzubauen. Dabei können geeignete **Erkenntniswege** einen systematischen Zugang zu diesen Deutungsmustern erleichtern.

2.1. Zugänge zur Biologie: Sehen und fragen in der Biologie

Lernende, die naiv an biologische Objekte herantreten, sehen völlig anders (und anderes) als Biologen. Setzen Sie einer Gruppe von Fünftklässlern (die ja eigentlich schon nicht mehr ganz „naiv“ im Sinne von unvorbelastet sein sollten) und einer Gruppe von Biologiestudenten (die hoffentlich

nicht mehr zu den Naiven zählen) eine Sonnenblume vor, so werden sich die spontan gesammelten Assoziationen deutlich unterscheiden.

Fällt dem naiven Kind oder Erwachsenen beim Anblick der Sonnenblume zum Beispiel sofort „schöner Garten“ oder „Margarine“ ein, denkt der Biologiestudent wohl zumindest auch an die Themen Fotosynthese, Pflanzenernährung und Phototropismus. Zu hoffen bleibt übrigens, dass er die Margarine nicht vergisst, denn fachliches Wissen darf nicht den Zugang zu den lebenswirklichen Themen verstellen – ein nicht zu unterschätzendes Problem im Unterricht vor allem des Gymnasiums!

Für strukturierendes Lernen ist es wichtig, in diese Vielfalt von gesammelten Themen und Phänomenen Ordnung zu bekommen: Erkennen die Lernenden, dass sich in der Biologie in der Vielfalt der Phänomene bestimmte Grundelemente immer wieder finden, so wird daraus die Bedeutung dieser Phänomene für Lebewesen offenbar: es sind Phänomene wie Bewegung, Wachstum, Reizbarkeit etc. - die guten alten *Kennzeichen des Lebendigen!* Nicht ohne Grund finden sich diese Elemente sowohl bei den *Lebensprinzipien* SCHAEFERs wie auch in den Erschließungsfeldern wieder.

Gelingt es im Unterricht, die Lernenden diese permanente Wiederkehr derselben Grundphänomene entdecken zu lassen, setzen wir die Basis für eine geordnete Wissensstruktur, die wiederum Grundvoraussetzung für biologisches Verständnis ist.

Fragen wir einen Schüler, (fast) gleich welchen Alters: „Warum fällt ein Apfel (die Physiker würden wohl eher einen Stein wählen) vom Baum nach unten?“, so wird die Antwort immer in dieselbe Richtung weisen: Ursache ist die Schwerkraft, die Massenanziehung u.s.w..

Fragen wir einen Schüler der Klasse 8 oder des Jahrgangs 13: „Warum verkleinert sich die Pupille bei stärkerer Belichtung?“, so wird er mit großer Wahrscheinlichkeit antworten: Damit nicht zu viel Licht auf die Netzhaut fällt, damit die Netzhaut nicht durch zu viel Licht geschädigt wird und ähnliches.

Das sind völlig unterschiedliche Deutungsrichtungen: Ist in der Physik die **kausale Frage** die einzig sinnvolle und naturwissenschaftlich zulässige, so liegt uns bei biologischen Phänomenen in der Regel die **funktionale Frage (teleonomische Fragestellung)** viel näher.

Natürlich ist diese Frage nach der biologischen Funktion eines Phänomens von zentraler Bedeutung für das biologische Verständnis. Allerdings – nur wenn den Lernenden bewusst ist, dass das eine völlig andere Deutungsrichtung ist als die, die uns die Physik nahe legt, erkennen sie, dass in der Naturwissenschaft Biologie auch die kausale Frage gestellt werden muss. Unterbleibt diese Einsicht in die beiden Grundfragen der Biologie – die kausale (proximate) und die funktionale (ultimate) - bleibt den Schülern eine eigenständige Erschließung biologischer Phänomene verschlossen. Das wiederum bedeutet: Über diese grundsätzlichen Fragestellungen der Biologie muss im Unterricht reflektiert werden, sie muss an geeigneter Stelle* (*Beispiel s. Kasten 1*) thematisiert und immer wieder aufgegriffen werden.

Die Thematisierung der biologischen Grundfragen bietet einen, vielleicht *den* entscheidenden Zugang zur Frage nach der Sonderstellung der Biologie im Rahmen der Naturwissenschaften: Warum gibt es in der Biologie überhaupt eine andere Grundfrage als die kausale? Kein Physiker kommt auf die Idee zu fragen, welche Funktion das Fallen eines Steines für den Stein (!) hat, kein Chemiker fragt nach der chemischen Bedeutung der Knallgasreaktion für den Wasserstoff! An dieser Stelle wird übrigens deutlich, dass sich die funktionale Frage der Biologie immer auf die Bedeutung für das Lebewesen selbst bezieht, nicht auf den betrachtenden und nutzenden Menschen: Die funktionale Frage kann ja auch in der Physik und in der Chemie gestellt werden – als Frage nach der möglichen Nutzung eines physikalischen oder chemischen Phänomens für den

Kasten 1:

**Eine Möglichkeit der Einführung in die biologischen Grundfragen in der Sek. I:
Grundfragen der Biologie am Beispiel Vogelzug:**

Einstieg:	Vorstellen des Mauerseglers Warum fliegen diese Vögel nach Afrika?
Hypothesenbildung und -diskussion:	SuS nennen fast immer nur: Nahrungsmangel nähere Untersuchung dieser Hypothese wirft die Frage auf: Woher weiß der Mauersegler, dass es im Spätherbst und Winter keine Nahrung für ihn in Europa gibt - er hat diese Zeit hier ja nie kennen gelernt!
neue Hypothesenbildung:	Das Zugverhalten ist angeboren, die Vögel fliegen los, weil sie ein entsprechendes „angeborenes Programm“ haben
Überprüfung:	SuS entwickeln Möglichkeiten: Vögel im Käfig füttern, Verhalten beobachten <u>Beobachtung:</u> Vögel zeigen Zugunruhe trotz ausreichender Ernährung: das unterstützt die Hypothese vom angeborenen Programm; es zeigt vor allem, dass das Zugverhalten (bei Langstreckenziehern wie dem Mauersegler) unabhängig von der Futterlage ist.
Neue Problemstellung:	Was löst das Zugverhalten aus?
Hypothesen:	Außenfaktoren (Wetter, evtl. Tageslänge) („innere Uhr“ wird fast nie genannt)
Überprüfung:	Informationen zur Tageslänge im Jahresverlauf: Hypothese wird präzisiert: sobald die Tageslänge kürzer wird, fliegt der Mauersegler weg Versuche im künstlich veränderter Tageslänge: Tageslänge und „innere Uhr“ bestimmen die Zugunruhe
Rückführung zur Ausgangsfrage und Reflexion:	Warum fliegen die Mauersegler nach Afrika? Ursache ist die Tagesverkürzung als Außenreiz und ein innerer Reiz: die „innere Uhr“. Die Antwort: „wegen Nahrungsmangel“ ist aber nicht falsch: tatsächlich würden ja die Vögel im Spätherbst und Winter verhungern. Folglich gibt es zwei Antworten auf die Frage „warum“ . Wir haben eigentlich zwei Fragen beantwortet: a) Welche Ursache steckt hinter dem Wegzug der Mauersegler? (Antwort: Verkürzung der Tageslänge, „innere Uhr“) b) Welche biologische Bedeutung (Funktion) hat der Wegzug für den Mauersegler? (Antwort: Schutz vor dem Verhungern im Winter, evtl. ergänzt: Nutzung der Nahrung in geografisch verschiedenen Lebensräumen)

andere Möglichkeiten v.a. für die Sek.II finden sich bei v. FALKENHAUSEN.

Menschen (siehe auch Hedewig u.a.). Auch das muss übrigens den Lernenden sehr deutlich transparent gemacht werden: Die teleonomische Frage ist eine auf das biologische Objekt selbst bezogene, die funktionale Frage in der Physik und Chemie ist eine anthropozentrische. Aus diesem Grund ist zu empfehlen, im Unterricht nicht von der Frage nach der Funktion, sondern der biologischen Bedeutung zu sprechen (vergl. Mayr).

Die teleonomische Frage ist im Grunde ohne die historische Frage nach dem Geworden-Sein einer biologischen Struktur, also die Frage nach der Evolution nicht schlüssig beantwortbar (Dobzhansky : „*In Biology nothing makes sense except in the light of evolution*“). Deshalb wird sie ja auch als Frage nach den letztendlichen, den **ultimaten Gründen** bezeichnet. Diese historische Dimension der Biologie begründet ihre Sonderstellung innerhalb der Naturwissenschaften. Die Konsequenz sollte eine möglichst frühzeitige Hinführung der Lernenden zur Selektionstheorie sein (Kattmann 1995).

Zurück zu unserem Beispiel aus Klasse 8: Das Phänomen der Pupillenreaktion erlaubt also einen doppelten Zugang: Zum einen über die *Frage der biologischen Bedeutung*, zum anderen über die Frage der Kausalität: Was ist die *Ursache* für die Pupillenveränderung?

2.2. Grundlegende Muster wiederfinden – Basiskonzepte

Gibt es ein Muster, nach dem biologische Phänomene erklärt werden können?

Bleiben wir bei unserem Beispiel der Pupillenreaktion:

Betrachten wir diese unter dem Blickwinkel der Kennzeichen des Lebendigen, so finden wir Bezüge zur Reizbarkeit (die Pupille verändert sich unter dem Einfluss eines Außenreizes) und der Bewegung (die Iris bewegt sich). Auch bei den Erschließungsfeldern können wir die Begriffe *Struktur, Bewegung, Regulation, Wechselwirkung* und *Information* der Pupillenreaktion zuordnen. Eine konkrete Hilfe für das Verständnis der Funktionsweise bieten diese Zuordnungen allerdings per se nicht.

Im Unterricht können wir an dieser Stelle zum Beispiel ein Schweineauge präparieren und die Iris

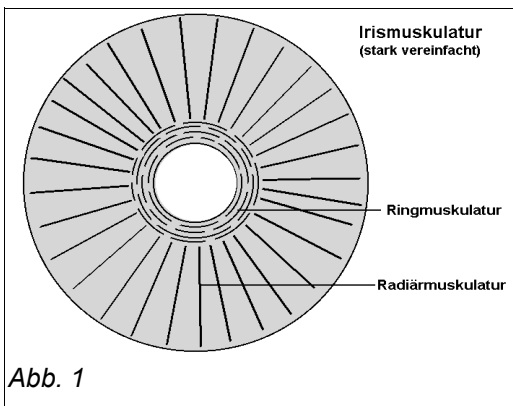


Abb. 1

untersuchen. Die Schüler entdecken dabei relativ problemlos eine radiär angeordnete Struktur, die sie als Muskeln deuten können; schließlich bewegt sich ja die Iris. Die Zuordnung der Radiärmuskeln zur Irisbewegung ist ein entscheidender Schritt zum Verständnis der Pupillenveränderung. Doch wirft sie auch Fragen auf: Den Schülern ist aus dem Vorunterricht bekannt, dass Muskeln aktiv nur kontrahieren, sich aber nicht aktiv dehnen können (Beuger-Strecker). Diese Eigenschaft der Muskeln bedeutet, dass hier ein **antagonistisches Bewegungsprinzip** zugrunde liegt. Haben die Lernenden im Vorunterricht am Beispiel der Extremitätenmuskulatur

dieses Prinzip erkannt und verstanden, so können sie jetzt – am Beispiel der Irisbewegung – fordern, dass auch hier ein Antagonist vorhanden sein muss, auch wenn er auf den ersten Blick nicht sichtbar ist: Die Radiärmuskeln der Iris können nur für das Weiten der Pupille, nicht aber für die Rückbewegung, das Verengen verantwortlich sein. Die Gegenbewegung muss – nach dem antagonistischen Bewegungsprinzip – durch eine Struktur am Innenrand der Iris bestimmt werden. Als Hypothesen wäre ein Ringmuskel oder eine elastische Struktur (Modell Gummiband) denkbar, die durch die Kontraktion des Radiärmuskels gedehnt wird und bei der Erschlaffung des Radiärmuskels diesen wiederum dehnt und die Pupille wieder verkleinert. Der tatsächliche Bau der Irismuskulatur aus kreuzweise angeordneten Lamellen ist recht kompliziert (vergl. Mörike u.a.). Vereinfacht können wir aber tatsächlich eine antagonistische Struktur aus zwei verschiedenen Muskelgruppen unterscheiden (s. Abb. 1). Ein genauer Blick auf die Schweineiris zeigt zumindest einen nicht radiär ausgerichteten recht breiten Innenrand, dem diese Ringmuskulatur zugeordnet werden kann.

Vergleichen wir diese Unterrichtsmöglichkeiten mit denen in einer Lerngruppe, der weder die biologischen Grundfragen noch das antagonistische Bewegungsprinzip bekannt ist: Mit großer Wahrscheinlichkeit

- werden die Schülerinnen und Schüler dort überhaupt nicht eigenständig auf die Idee kommen, dass nicht nur die Funktion (biologische Bedeutung), sondern auch die Funktionsweise (kausale Frage) ein untersuchungswürdiges Thema ist,
- werden sie den Mechanismus der Irisbewegung nicht eigenständig erarbeiten können; bestenfalls werden sie die deutlich sichtbare Radiärmuskulatur für die Bewegung verantwortlich machen.

Natürlich kann der Lehrer die Lernenden auf die kausale Frage und die Ringmuskulatur aufmerksam machen. **Entscheidend für das kumulative Lernen ist jedoch die Fähigkeit, sich eigenständig neue Inhalte zu erschließen. Das aber ist nur möglich, wenn themenverbindende Konzepte wie hier das antagonistische Bewegungsprinzip den Lernenden einen Weg zur Problemlösung öffnen.**

Das Beispiel Pupillenreaktion zeigt übrigens, dass das Verständnis für das Konzept „antagonistisches Bewegungsprinzip“ nicht statisch ist, sondern am vorliegenden Beispiel eine dynamische Veränderung und Erweiterung erfährt: Die antagonistischen Muskeln sind hier völlig anders angeordnet als bei der Skelettmuskulatur. Thematisiert man im weiteren Unterricht den Mechanismus der Akkommodation, dann wird dieses Konzept erneut aufgegriffen und durch die Gegenspieler Innendruck Linse und weiße Augenhaut sowie dem Ciliarmuskel als Regulierer beider antagonistischer Kräfte noch deutlich erweitert. In diesem Fall bildet kein zweiter Muskel, sondern eine elastische Struktur (weiße Augenhaut) den Antagonisten.

Strukturierendes Lernen wird nicht durch das Lernen von *Begriffen* wie „antagonistisches Bewegungsprinzip“ möglich. Dazu bedarf es einer *inhaltlichen Füllung* dieses Konzeptes, das die jeweiligen Verständnismöglichkeiten der Lerner berücksichtigt. Am Ende des hier skizzierten Unterrichtsganges könnte das zum Beispiel bedeuten:

Konzept: antagonistisches Bewegungsprinzip

Bewegung von Lebewesen beruht auf aktiver Muskel kontraktion. Da Muskeln sich nicht aktiv dehnen können, bedürfen sie eines Gegenspielers (Antagonisten). In den meisten Fällen ist das ein zweiter Muskel (Beispiel: Beuger-Strecker), doch kann es auch eine elastische Struktur (Beispiel: Ciliarmuskel – weiße Augenhaut) sein.

Leicht lassen sich weitere Inhalte finden, bei denen Bewegungen mit diesem Konzept verbunden sind und dieses zum Teil noch erweitern (Insektenbeine, Insektenflügel, Cilien etc.).

Ein zweites Beispiel für die Entwicklung eines Konzepts sei hier kurz skizziert:

Bei der Untersuchung der Blutgruppen entwickeln wir eine Modellvorstellung zur Antigen-Antikörper-Reaktion: Wir erklären uns die Spezifität, mit der ein bestimmtes Blutserum mit bestimmten Blutkörperchen agglutinieren, mit einer engen räumlichen Passung zwischen der spezifischen Oberflächenstruktur des Erythrozyten (Antigen) und entsprechenden Strukturen von Antikörpern im Serum. Eigentlich wäre die Bezeichnung „Puzzleprinzip“ zutreffender, aber es hat sich die Bezeichnung „**Schlüssel-Schloss-Prinzip**“ für dieses Modell durchgesetzt. Wichtig ist, dass die Lerner verstehen, was genau dieses Modell erklären soll: die *Spezifität der Reaktion zweier Strukturen*. Mit dem Verständnis für diese Modellvorstellung wird das Schlüssel-Schloss-Prinzip zu einem Konzept: Behandeln wir im späteren Unterricht die Enzymatik, können die Lerner nämlich die gleiche Grundeigenschaft *Spezifität* in der Reaktion zwischen Enzym und Substrat erkennen. Haben sie diese Modelleigenschaft bei den Blutgruppen verstanden, sind sie nun in der Lage mit recht

bescheidener Lehrerhilfe auch hier ein Erklärungsmodell für die spezifische Enzym-Substrat-Reaktion auf der Basis des Schlüssel-Schloss-Prinzips zu entwickeln.

Gerade das Schlüssel-Schloss-Prinzip findet als Konzept eine große Fülle von Bezugsthemen, sei es die Antigen-Antikörper-Reaktion in der Immunbiologie (dazu gehört die Blutgruppenagglutination natürlich auch), der Wirkungsmechanismus von Hormonen, der aktive Transport und Reaktionen an der Neuronenmembran. Für die Lernenden ist es ausgesprochen befriedigend, in dieser Vielzahl von Themen aus ganz unterschiedlichen Bereichen ein gemeinsames Erklärungsmodell für die Spezifität dieser Vorgänge zu erkennen.

Nicht nur das Lernen selbst, auch das Maß der Eigenständigkeit der Schülerinnen und Schüler kumuliert bei diesem Vorgehen: Reflektieren sie über ihre eigene Vorgehensweise in diesem Fall, erkennen sie also den themenverbindenden Charakter des Konzeptes, werden sie bei einem dritten oder vierten Anwendungsfall immer leichter die Brücke zwischen den verschiedenen Themen schlagen und eine immer stabilere Wissensstruktur aufbauen können (Abb. 2).

Entscheidend für das kumulative Lernen mithilfe von Konzepten ist also die Reflexion über die Vorgehensweise aus einer Metaposition.

Eine konsequente Transparenz bezüglich der im Unterricht berührten Konzepte sollte uns unserem Ziel entscheidend näher bringen: Schülerinnen und Schüler zu befähigen, auch außerhalb der Schule ein Verständnis für biologische Phänomene zu entwickeln und sie in die Lage zu versetzen sich eigenständig weitere Problemstellungen zu erschließen.

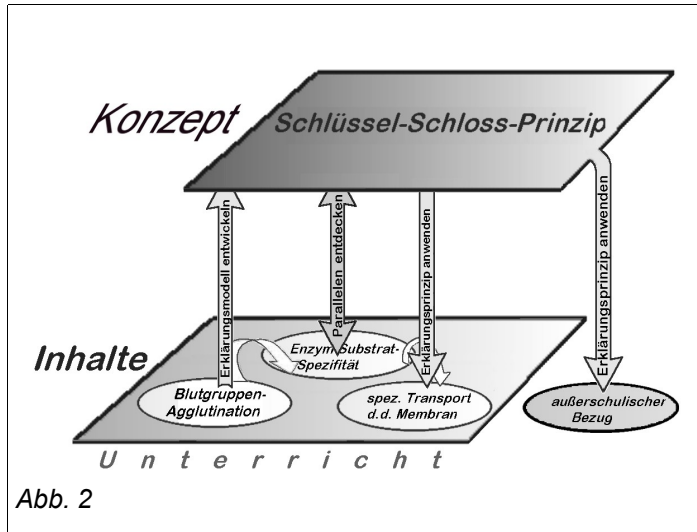


Abb. 2

Die Hierarchisierung der Konzepte

Wie viele Konzepte gibt es? Die Frage ist für uns nicht bedeutsam; fachwissenschaftlich betrachtet gibt es sicherlich eine schier unbegrenzte Zahl solcher Konzepte.

Für die Schule muss die Frage vielmehr lauten: *Welche Konzepte sind didaktisch relevant?*

Dafür ließe sich eine einfache Regel finden:

Je mehr wichtige biologische Phänomene sich mit einem Konzept deuten lassen, je umfassender also ein Konzept ist, desto größer ist seine didaktische Relevanz.

Denken wir nun an die oben zitierte Aussage von **Dobzhansky** („*In Biology nothing makes sense except in the light of evolution*“), erscheint als bedeutsamstes Konzept die **Evolutionstheorie** mit ihrem zentralen Fundament der Selektionstheorie. Die zentrale Bedeutung der Evolutionstheorie für den Biologieunterricht ist in der didaktischen Diskussion im Wesentlichen unumstritten (vergl. z.B. Kattmann 1995).

Hier wird allerdings schon deutlich: Je umfassender der Erklärungscharakter eines Konzepts ist, desto komplexer – und damit für Lerner auch schwieriger begreifbar – wird es. Durchschaubarkeit ist aber eine wichtige Voraussetzung für das Verständnis und damit die Anwendbarkeit eines Konzeptes im Sinne des kumulativen Lernens.

Umfassende Konzepte bergen auch die Gefahr in sich, nur einen eingeschränkten Erklärungscharakter zu haben: Festzustellen, dass die Blattstruktur ein Ergebnis der *Evolution* ist, ist lapidar. Einzuordnen, dass sie durch *Selektion* entstand, ist auch noch sehr vage. Sie als *Angepasstheit* einzustufen, ist sicher wichtig, kann aber auch noch als Allgemeinplatz eingeordnet

werden. Differenzieren wir aber noch weiter und erkennen wir, dass hier das *Prinzip der Oberflächenvergrößerung* anwendbar ist, sind wir zu einem konkreten und damit bedeutsamen Erklärungsansatz gelangt.

Aus diesem Grunde ist es notwendig die Großkonzepte in kleinere, fassbarere Einheiten zu untergliedern und so ein verstehendes Erschließen der Phänomene zu erleichtern. Damit ergibt sich ein hierarchisches System von Konzepten.

Um der allgemeinen Sprachverwirrung in der Biologiedidaktik nicht noch Vorschub zu leisten, sollen hier die in den EPAs vorgeschlagenen Basiskonzepte als Großkonzepte Anwendung finden. Es sei allerdings angemerkt, dass die zentrale Rolle der Evolutionstheorie dabei keine angemessene Würdigung findet. Sie seien im Folgenden kurz erläutert:

Basiskonzepte der EPAs als übergeordnete Großkonzepte

Struktur und Funktion

Es gehört zu den wesentlichen Besonderheiten der Biologie innerhalb der Naturwissenschaften, Strukturen von Lebewesen und Lebensprozessen eine biologische Bedeutung zuweisen zu können. Durch den Evolutionsprozess, dem Organismen unterliegen, werden Strukturen geformt und damit der jeweiligen biologischen Funktion gerecht. Insofern fügt sich dieser Zusammenhang zwischen Struktur und Funktion in die für die gesamte Biologie zentral bedeutsame Evolutionstheorie ein. Wichtige Prinzipien, die sich diesem Basiskonzept zuordnen lassen, sind zum Beispiel das **Prinzip der Oberflächenvergrößerung**, das **Schlüssel-Schloss-Prinzip**, das **Gegenstromprinzip** und das am Beispiel der Pupillenveränderung dargestellte **antagonistische Bewegungsprinzip**.

Reproduktion

Lebewesen haben eine **begrenzte Lebensdauer**. Die Kontinuität des Lebens besteht in der Generationsfolge. Die Reproduktion führt durch die **identische Replikation der DNA**, aber auch durch **Mutation und Rekombination** zu **Vielfalt** innerhalb der Populationen. So bergen die Begrenztheit des Lebens und die Vielfalt die Möglichkeit der Veränderung von Populationen und damit die evolutive Anpassung an eine dynamische Umwelt in sich.

Kompartimentierung

Lebende Systeme zeigen abgegrenzte Reaktionsräume. Dieses Basiskonzept verdeutlicht die Rolle des **Bausteinprinzips** von Zellen und Geweben, hilft aber auch beim Verständnis der Zellorganellen und Organe als abgegrenzte Funktionsräume innerhalb eines Organismus.

Kompartimentierung spielt auch bei der **Energiespeicherung** im Organismus (Protonengradient an Membranen) eine wesentliche Rolle.

Kompartimentierung gibt es **auf zellulärer Ebene** (Organelle und Organe), aber auch auf der Ebene von **Populationen** (Arbeitsteilung bei sozial organisierten Arten) und von Ökosystemen. Hier sind vor allem das Konzept der **ökologischen Nische** und das **Konkurrenzausschlussprinzip** von zentraler Bedeutung.

Steuerung und Regelung

Lebende Systeme halten bestimmte Zustände durch Regulation aufrecht und reagieren auf Veränderungen. Regelung führt dazu, dass trotz wechselnder Umwelt- und Lebensbedingungen die inneren Zustände eines Lebewesens in einem funktionsgerechten Rahmen (Sollwert) bleiben. Typisch für Regelung ist die negative Rückkopplung. Pfeildiagramme und Regelkreismodelle erlauben ein Verständnis der Regelungsprozesse. Steuerung beschreibt die Möglichkeit eines Organismus, unabhängig von Sollwerten aktiv bestimmte Kenngrößen zu verändern.

Wichtig für das Grundverständnis dieses Basiskonzeptes ist die **Unterscheidung von ökologischen Regelmechanismen**, die zwar unter stabilen Umweltbedingungen zu annähernd stabile Populationen führen, die aber **keinen Sollwert** aufweisen, und **physiologischen Mechanismen mit Sollwert**.

Ein hilfreiches Konzept ist in diesem Zusammenhang die Unterscheidung von Regulierern und Konformern: **Konformer** passen ihr inneres Milieu (Temperatur, Osmolarität den jeweils herrschenden Umweltbedingungen an; dazu müssen die physiologischen Strukturen ein relativ hohes Maß an Toleranz aufweisen; das schränkt die physiologische Leistungsfähigkeit in der Regel ein.

Regulierer dagegen halten ihr inneres Milieu auch bei wechselnden Umweltbedingungen weitgehend konstant (Beispiel: gleichwarme Organismen). Das steigert die physiologische Leistungsfähigkeit, kostet aber in der Regel viel Energie.

Stoff- und Energieumwandlung

Lebewesen sind offene Systeme; sie sind gebunden an Stoff- und Energieumwandlungen. Die Instabilität von lebenden Organismen beruht auf permanenter Energieabgabe, die durch ständige Energiezufuhr (Sonnenenergie oder energiereiche Nahrungsstoffe) im Sinne eines **Fließgleichgewichtes** ausgeglichen wird. Dieses Basiskonzept hilft z. B. beim Verständnis der Fotosynthese, der Ernährung und der Stoffkreisläufe.

Information und Kommunikation

Lebewesen nehmen Informationen von außen und über innere Zustände auf, speichern und verarbeiten sie. Ferner bedürfen Anatomie und Physiologie eines Organismus einer schon von Anbeginn des individuellen Lebens vorhandenen Basisinformation, die als Erbinformation auf die Folgegeneration weitergegeben wird. Kommunikation ist der Informationsaustausch unter Lebewesen. Sie setzt eine gemeinsame **Codierung** (Sprache) voraus, die vom Empfänger decodiert werden kann. Dieses Basiskonzept hilft z.B. beim Verständnis der Verschlüsselung von Information auf der Ebene der Makromoleküle, der Erregungsleitung, des Lernens und des Sozialverhaltens.

Variabilität und Anpasstheit

Lebewesen sind bezüglich Bau und Funktion an ihre Umwelt angepasst. Beschreibt das Basiskonzept Struktur und Funktion den inneren Zusammenhang, thematisiert das Basiskonzept Anpasstheit die **Beziehung von Bau und Funktion zur Umwelt. Anpasstheit** beschreibt einen durch Anlagen bestimmten Zustand, **Anpassung** dagegen einen Prozess. Dabei gilt Anpasstheit als gegeben, wenn eine Struktur und die damit verbundene Funktion das Überleben eines Organismus bzw. die Weitergabe seines Genoms fördert. Anpassung ist auf der Ebene des einzelnen Individuums (Modifikation) und auf der Ebene von Populationen (Evolutionprozess) möglich. Der Zusammenhang zwischen Variabilität und **evolutivem Anpassungsprozess** setzt die Kenntnisse von **Evolutionmechanismen** voraus. Eine besonders wichtiges Konzept ist in diesem Zusammenhang das **Optimierungsprinzip**: Ursprünglich nur auf Energiebilanzen (Energiebedarf als **Kosten**, Energiegewinn als **Nutzen**) bei Entscheidungswahlen von Individuen bezogen kann dieses Konzept gut auf Anpassungen und Anpasstheiten von Individuen allgemein angewandt werden: In diesem Sinne können als Kosten alle fitnessmindernden und als Nutzen alle fitnessfördernden Faktoren angesehen werden. Damit kann ein sinnvolles Verständnis von komplexen Selektionswirkungen im Evolutionprozess entwickelt werden. Enge Beziehungen gibt es auch zum Basiskonzept Reproduktion (als Ursache der Vielfalt) und der stammesgeschichtlichen Verwandtschaft (Ergebnis gemeinsamer Evolutiongeschichte).

Stammesgeschichtliche Verwandtschaft

Dieses Basiskonzept hilft z. B. beim Verständnis der Evolutionsprozesse, die zur heute beobachtbaren Vielfalt der Lebewesen geführt haben. Letztlich führt es zu einem Verständnis der Herkunft des Menschen und unsere Eingebundenheit in die Welt der übrigen Lebewesen (Verwandtschaft).

Zuordnungsprobleme in die Konzepthierarchie

Einige Konzepte sind nur schwer in diese Systematik einzuordnen. Ein Beispiel dafür ist die **Vernetzung auf physiologischer und ökologischer Ebene** (Multikausalität), die eng mit dem Systemcharakter von Leben zusammenhängt. Aus diesem Grund gibt es auch Ansätze, das **System-Konzept** als zentrales Basiskonzept zu formulieren. Auf die zentrale Bedeutung der Vernetzung in der Kausalanalyse biologischer Phänomene weist KATTMANN (2002) besonders hin: Die didaktische Aufbereitung eines Themas darf nicht zu einer Reduktion führen, die in monokausalen Vereinfachungen mündet. Gerade der Lebenswirklichkeit entnommene Phänomene sind durch Komplexität und Vernetzung gekennzeichnet. Es gilt also, diese Kausalvernetzung als Wesenszug biologischer Phänomene transparent zu machen [vergl. Kattmann 2002].

Das Konzept der Vernetzung kann in der EPA-Systematik verschiedenen Basiskonzepten (etwa Kompartimentierung in Ökosystemen, Regelung bei physiologischen und ökologischen Kausalgefügen) zugeordnet werden.

Ein weiteres Konzept, das sich schwer zuordnen lässt, ist zum Beispiel die **RGT-Regel**. Das mindert aber nicht ihre Bedeutung für die Biologie.

Diese hierarchische Struktur der Konzepte dient nicht nur dem Lehrer zur Orientierung: Auch die Schülerinnen und Schüler müssen ein Verständnis für den Zusammenhang der vielen Prinzipien

und Konzepte entwickeln, sonst droht ein „Flickenteppich von Konzepten und Themen“ [Kattmann 2002], der für ein strukturiertes Lernen wenig hilfreich ist. Ohne ein Verständnis für die Evolutionstheorie bleiben die Einzelkonzepte additiv isoliert und zusammenhanglos.

2.3. Erkenntniswege:

Konzepte brauchen Zugänge, die den Schülerinnen und Schülern eine möglichst eigenständige Erschließung erlauben. Dafür ein Beispiel: Von entscheidender Bedeutung für den Aufbau einer tragfähigen Wissensstruktur sind die Stichhaltigkeit der Analyse und eine klare Denkstrategie. Es ist zum Beispiel leicht gesagt: *'Die Art und Weise, wie Hämoglobin Sauerstoff bindet, ist an seine Funktion Sauerstofftransport gut angepasst.'* Aber wie belege ich diese Behauptung hieb- und stichfest? Dazu bedarf es bestimmter **Argumentationsstrategien** (Beispiel siehe *Kasten 2*). Das Beispiel zeigt übrigens, dass auf diese Weise neue unerwartete Erkenntnisse (hier: Hämoglobin ist nicht nur Transport-, sondern auch Speichermolekül) gewonnen werden können. Für manche Konzepte gibt es fest zuzuordnende Vorgehensweisen: Um etwa zu belegen, dass das Optimierungsprinzip bei einer bestimmten Struktur oder einer bestimmten Verhaltensweise anwendbar ist, bedarf es einer **Kosten-Nutzen-Analyse**; das Prinzip Eigennutz der Soziobiologie erschließt sich mit **Modellszenarien**, in denen (in der Regel häufigkeitsabhängige) Fitnessvergleiche eine zentrale Rolle spielen. Solche systematischen Vorgehensweisen (**Erkenntniswege**), die zu Erklärungsmodellen bzw. -konzepten führen, ermöglichen uns systematisch kausale oder funktionale Zusammenhänge in der Biologie zu ergründen. Für die Fähigkeit zum kumulativen Lernen sind sie ebenso unverzichtbar wie die Konzepte. Wie für diese gilt auch hier: **Entscheidend im Unterricht ist die Reflexion der Schülerinnen und Schüler über diese Erkenntniswege und ihre Möglichkeiten.** Besonders hilfreich im Unterricht ist der **hypothesengeleitete naturwissenschaftliche Erkenntnisweg** (Abb. 3); haben die Lerner erst einmal verstanden, welches Instrumentarium sie mit dieser Vorgehensweise in der Hand haben, kann ein wissenschaftspropädeutischer Unterricht in weiten Teilen von ihnen eigenständig getragen werden: Ungeklärte Phänomene erfordern eine Hypothesenbildung, auf die sich die Planung und Durchführung von Überprüfungsexperimenten anschließt, mit deren Hilfe die Hypothesen falsifiziert werden oder – im Falle der Widerspruchsfreiheit zwischen Hypothese und Experiment – im größeren Rahmen zu einer Theorie weiterentwickelt werden können. Übrigens ist dieser Weg allmählich zu entwickeln; Abb. 8 zeigt zwei Stufen: In einer einfachen Version ist die Theoriebildung bzw. die Revision der bereits vorhandenen Vorstellungen von Wirklichkeit (grau unterlegte Felder) noch nicht enthalten. In kleinen Schritten kann der Gedanke integriert werden, dass Hypothesen immer auf bewusste oder unbewusste Alltagsvorstellungen oder bereits erarbeitete Theorien aufbauen.

Kasten 2: Argumentative Strategien

Beispiel 1:

Widerlegung der gegenteiligen Annahme (Falsifikation):

Hypothese: Eine bestimmte Struktur ist an ihre Funktion gut angepasst.

Grundfrage: Welche Auswirkung hätte es für den Organismus, wenn diese Struktur in einer anderen, alternativen Form vorlägen?

Würde seine Vitalität / Fitness dadurch im Vergleich zur tatsächlichen Form vermindert, kann diese als angepasst bewertet werden (Vorsicht: Ein Beleg für "optimale" Anpassung ist das natürlich nicht!)

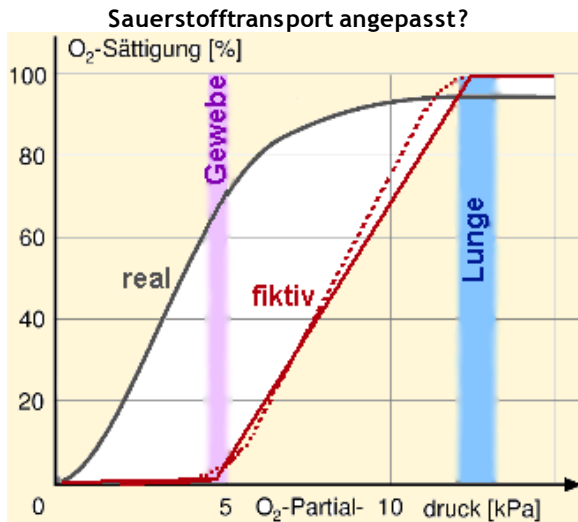
Beispiel: Inwieweit ist die Struktur des Sonnenblattes bzw. Schattenblattes einer Buche als Anpassung zu deuten?

Nehmen wir an, Sonnenblätter fänden sich im Inneren des Baumes und Schattenblätter außen. In diesem Fall wäre die Fotosyntheserate im Vergleich zur tatsächlichen Verteilung deutlich geschmälert bzw. wären Schäden bzw. hoher Wasserverlust zu erwarten. Folglich ist die vorhandene Verteilung und Struktur als angepasst zu bewerten.

als Variante Beispiel 2: Entwurf einer Optimalkonstruktion:

Wir entwickeln im Gedankenversuch als Ingenieur eine für die angenommene Funktion optimale Struktur und vergleichen ihre Funktionstüchtigkeit mit der tatsächlichen Struktur. Kommt die tatsächliche Struktur bezüglich der Funktionstüchtigkeit dem theoretischen Konstrukt zumindest nahe, kann sie als für diese Funktion angepasst angesehen werden.

Beispiel: Inwieweit ist Hämoglobin mit seinen Sauerstoffbindungseigenschaften an die Funktion



Es lässt sich ohne weiteres eine Sauerstoffbindungskurve konstruieren, die die Funktion des Transportes deutlich besser wahrnehmen würde (höhere Transportrate).

Der Vergleich lässt allerdings vermuten, dass Hb neben der Transport- auch eine Speicherfunktion hat: Bei geringerem Partialdruck wird dieser Sauerstoff abgegeben. Unter der Annahme dieser kombinierten Funktion ist Hb ausgesprochen gut angepasst.

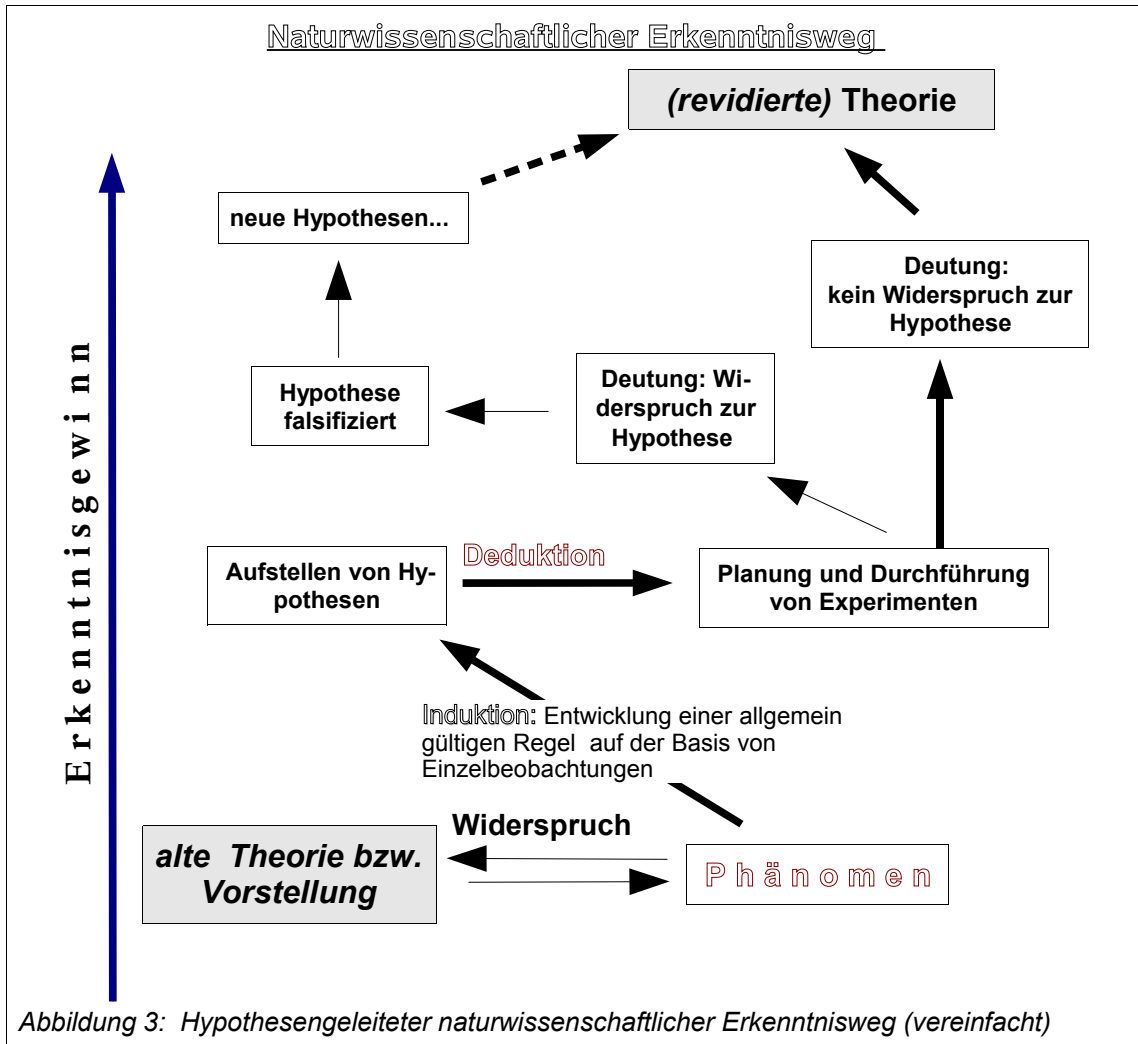
Kombination von Erkenntniswegen

Beispiel: Kosten-Nutzen-Analyse und Widerlegung der gegenteiligen Annahme

Weshalb haben Bäume unterhalb der Krone keine Blätter?

Nehmen wir an, sie hätten unterhalb der tatsächlichen Krone auch Blätter. Dann würden diese wegen der Beschattung durch die Krone nur in geringem Maße Licht auffangen, folglich auch nur wenig Photosynthese betreiben. Die Bruttoproduktion dieser Blätter wäre also relativ gering (= Nutzen). Dem stehen die Kosten der Synthese des entsprechenden Materials (Baustoffwechsel) sowie die „Betriebs“-Kosten (Dissimilation) gegenüber. Es lässt sich vermuten, dass nur an solchen Stellen am Baum Blätter zu finden sind, an denen gemäß dem Optimierungsprinzip die Nutzen die Kosten übersteigen. Für den Bereich unterhalb der tatsächlichen Krone scheint das nicht zu gelten.

Diese Interpretation wird z. B. durch die Beblätterung bei Spalierobstbäumen unterstützt.



3. Konzepte und Abstraktion

Konzepte sind abstrakte Konstrukte. Das gilt insbesondere für die übergeordneten Basiskonzepte. Als solche ist der altersangemessene Zugang von großer Bedeutung.

So gehören Themen wie Atmung und Fotosynthese zum Beispiel zweifellos zu den bedeutsamsten Bausteinen im Biologieunterricht. Sie stehen in engem Zusammenhang mit dem Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung. Versuchen wir aber etwa im Unterricht der Klasse 7, den Schülern das komplette Basiskonzept überzustülpen, werden wir sie schnell überfordern. Die Einführung der Konzepte reduziert sich dann im Extremfall auf das Auswendiglernen von Worthülsen. Berücksichtigen wir nicht die altersgemäßen Verständnismöglichkeiten der Lerner, verlieren die Konzepte ihren Erklärungscharakter und damit ihren Wert für das kumulative Lernen. Für die Klasse 7 reichen ein Grundverständnis der Atmung als Prozess, der Energie für Lebensprozesse bereitstellt, und die Feststellung, dass nicht nur Menschen, sondern (fast) alle Lebewesen atmen. Atmung kann aber auch in dieser Altersstufe schon als Prozess verstanden werden, für den Sauerstoff und Nährstoffe aus der Nahrung notwendig sind. Auch Pflanzen brauchen Energie, auch bei ihnen wird diese über Atmungsvorgänge bereitgestellt. Sie sind allerdings im Gegensatz zu Tieren in der Lage, ihren Nährstoff zum Veratmen selbst herzustellen. Die dafür notwendige Energie kommt aus dem Licht.

Nahrungsaufnahme bei Tieren und Lichtaufnahme bei Pflanzen werden damit als grundsätzlich vergleichbare Vorgänge erkannt. Damit kann das Basiskonzept in wesentlichen Elementen vorbereitet werden.

4. Was ist neu?

Nicht viel – denn die allermeisten Konzepte, die hier genannt sind, werden im Biologieunterricht sicherlich auch ohne den besonderen Hinweis auf kumulatives Lernen angesprochen. Die entscheidende Bedeutung dieser Konzepte für das kumulative Lernen liegt also nicht in ihrer Erwähnung, sondern in der Reflexion und Transparenz für die Lernenden: Diese müssen erkennen, welches wichtige Instrumentarium sie mit ihnen in die Hand bekommen. Sie müssen lernen unbekannte Phänomene mit geeigneten Zugängen (Erkenntniswegen) und Fragestellungen zu problematisieren und dann die relevanten Konzepte erkennen. Das Erkennen des Konzeptcharakters setzt die Kenntnis von mehreren Beispielen voraus, denn nur der Vergleich offenbart das Themenverbindende. Nur mit Hilfe dieser Reflexion aus der Metaposition heraus kann das Ziel eines über den Schulunterricht hinausreichenden Verständnisses und einer vernetzten Wissensstruktur erreicht werden. Dass dabei der dauernde Rückgriff auf bekannte Inhalte des Vorunterrichts durch ihren wiederholenden Charakter das Einprägen relevanter Wissens Elemente erleichtert, liegt auf der Hand.

Vielleicht ist aber gerade das Altbekannte, das sich in den Konzepten wieder findet, eine Chance kumulatives Lernen in den Unterrichtsalltag Eingang finden zu lassen, wird vom erfahrenen Kollegen doch nicht erwartet, dass er seinen gesamten Unterricht auf den Kopf stellt. Es geht vielmehr im Unterrichtsalltag darum bei traditionellen Inhalten andere Akzente zu setzen und vor allem durch ein hohes Maß an Reflexion und Transparenz für Übersicht in den Schülerköpfen zu sorgen. Eines ist allerdings von entscheidender Bedeutung: Kumulatives Lernen erfordert Lehrkräfte mit einem jahrgangsübergreifenden Konzept. Schwerpunkt der Planung von Unterricht werden mehr die Unterrichtseinheit und der Kanon aller Einheiten als Gesamtheit, weniger die Einzelstunde. Die Planung von Kompetenzentwicklung bekommt ein stärkeres Gewicht gegenüber der Planung von zu vermittelnden Inhalten.

Der an vielen Schulen übliche häufige Fachlehrerwechsel in einer Lerngruppe während der Sekundarstufe I erfordert darüber hinaus eine möglichst enge Kooperation zwischen den Fachkollegen und weitgehende Absprachen über die zu thematisierenden Konzepte und Erschließungsstrategien. Hier kommt auf die Fachkonferenzen einiges an – sicherlich lohnender - Arbeit zu.

Einen konkreten Unterrichtsgang für die Sekundarstufe I (5/6) mit weiteren Aspekten der praktischen Umsetzung finden Sie bei Lichtner (2007) bzw. unter <http://www.biologieunterricht.homepage.t-online.de/Biodateien/basis.html>.

Literatur

Berck, K.H.(1997). Lebenswirklichkeit und Biologieunterricht. In: H. Bayrhuber u.a.:
Biologieunterricht und Lebenswirklichkeit, Kiel: IPN

Campbell, N.A. (1997). Biologie. Heidelberg, Spektrum Akademischer Verlag

Freimann, Th. 1 (2001). Kumulatives Lernen im Biologieunterricht. In: PdN-Biologie7/50, S. 1-2

Freimann, Th. 2 (2001). Kumulatives Lernen mithilfe von Erschließungsfeldern. In: ebd. S. 19-21

Gropengießer, H.(2002). Schülervorstellungen im Unterricht erheben und nutzen. Vortrag auf der MNU-Tagung Hannover

Harms,U. / Bündler, W. (1999). Zuwachs von Kompetenz erfahrbar machen: Kumulatives Lernen. in: <http://www.blk-sinus.niedersachsen.de/modul5.htm>

Hedewig,R./Kattmann,U./Rodi,D.(1998). Evolution im Unterricht . Köln, Aulis

Kattmann, U.(1995). Wie Evolution Sinn macht. Konzeption eines naturgeschichtlichen

- Unterrichts. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 1(1), S.29-42
- Kattmann, U. (2002). Vom Blatt zum Planeten. Scientific Literacy und kumulatives Lernen im Biologieunterricht nach PISA. In: Monschner, B., Kiper, H. & Kattmann, U. (Hrsg.), Perspektiven für Lehrern und Lernen – PISA 2000 als Herausforderung. Hohengehren: Schneider
- Lichtner, H.D.(2007). Zum Umgang mit Basiskonzepten in der Sekundarstufe I, [http://www.biologieunterricht.homepage.t-online.de/Biodateien/Umgang Basiskonzepte.pdf](http://www.biologieunterricht.homepage.t-online.de/Biodateien/Umgang_Basiskonzepte.pdf)
- Mayr, E. (2002). Die Autonomie der Biologie, <http://www.berlinews.de/archiv/2096.shtml>
- Mörike/Betz/Mergenthaler (1997). Biologie des Menschen. Wiesbaden, Quelle und Meyer
- MNU (2001). Biologieunterricht und Bildung. Beilage zu: Der Mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, Heft 4, 2001
- Mostler, G./Krumwiede, D./Meyer, G. (1979). Methodik und Didaktik des Biologieunterrichts. Heidelberg: Quelle u. Meyer (1979)
- Schaefer,G. (1990). Die Entwicklung von Lehrplänen für den Biologieunterricht auf der Grundlage universeller Lebensprinzipien. MNU 43, H.8, S. 471-480
- VdBiol (2003) (Hrsg.). R. Ballmann u.a.(2003).Weniger (Additives) ist mehr – (Systematisches) Kumulatives Lernen – Handreichung für den Biologieunterricht in den Jahrgängen 5 – 10
- v. Falkenhausen, E.(2000). Biologieunterricht – Materialien zur Wissenschaftspropädeutik. Köln, Aulis