

BLK-PROGRAMMFÖRDERUNG

”Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen
Unterrichts”

Erläuterungen zu Modul 5:

**Zuwachs von Kompetenz erfahrbar machen:
Kumulatives Lernen**

Ute Harms und Wolfgang Bündler
Stand September 1999

Inhalt

	Seite
1 Vorbemerkung	2
2 Was ist unter kumulativem Lernen zu verstehen?	2
2.1 Aufbau von Wissensstrukturen	4
2.2 Differenzierung von Wissensstrukturen	6
2.3 Die Bedeutung des Vorwissens für kumulatives Lernen	7
3 Didaktische Strukturierungsansätze am Beispiel des Biologieunterrichts	9
4 Literatur	19

1 Vorbemerkung

Die folgenden Ausführungen beschreiben auf der Grundlage des Expertisetextes wichtige Aspekte von Modul 5, die bei der Bearbeitung im Blickpunkt stehen sollten. Das Hauptgewicht liegt dabei auf Anregungen, wie durch eine geeignet strukturierte Anordnung von Unterrichtsinhalten kumulatives Lernen unterstützt werden kann. Zur Veranschaulichung dienen Beispiele aus dem Biologie- und (in einem Extrateil) aus dem Chemieunterricht. Die Autoren haben Beispiele aufgegriffen, die auch für Lehrkräfte mit anderen Fächerverbindungen instruktiv sind.

2 Was ist unter kumulativem Lernen zu verstehen?

Der BLK-Expertise folgend ist Kumulativität des Lernens die Voraussetzung für das Erfahren von Kompetenzzuwachs im Unterricht:

Kumulatives Lernen: Der Unterricht muß so aufgebaut sein und durchgeführt werden, daß fortschreitendes Lernen ermöglicht wird und von den Lernenden erreicht werden kann.

Kompetenzerfahrung: Der Unterricht sollte die Schüler / innen erfahren lassen, daß sie durch ihr Lernen ihr Wissen und Können Stück für Stück erweitern und vertiefen.

Kumulatives Lernen ist in bestimmten Wissensgebieten (die z.B. durch die Schulfächer repräsentiert werden) notwendig, um sich diese Wissensgebiete zu erschließen und auf der Grundlage des gewonnenen Wissens Entscheidungen treffen, handeln oder Probleme lösen zu können.

Die Erfahrung, in einem bestimmten Wissensgebiet zunehmend besser, d.h. zum Beispiel erfolgreicher, geschickter oder überhaupt erst entscheidungs- und handlungsfähig zu werden, ist wiederum eine wichtige Voraussetzung für die Motivation der Schülerinnen und Schüler, neue Lernanforderungen aufzugreifen. Ohne die Erfahrung, dass man über die Schulzeit durch den Unterricht und durch die eigenen Lernanstrengungen vorankommt, mehr weiß und kann, sinkt die Lernbereitschaft im betreffenden Fach.

Im folgenden werden die verschiedenen Aspekte des Begriffs "kumulatives Lernen" ausführlich erläutert. Im Anschluß daran werden Strukturierungsansätze vorgestellt, die zur unterrichtspraktischen Umsetzung der oben formulierten Zielsetzung verwendet werden können.

Sprechen wir im Alltäglichen davon, jemand habe etwas dazugelernt, so meinen wir damit, eine Person verstehe einen Sachverhalt nun besser oder könne Dinge besser als zuvor. Das heißt, daß durch den Lernprozeß ein qualitativ angemesseneres, vertieftes Verständnis eines schon vorher in Umrissen bekannten Sachverhalts erreicht worden ist. Diese Art von Lernen wird auch als kumulatives Lernen bezeichnet. Daneben lernen wir im Alltag auch uns vollkommen Neues, indem wir mit Dingen in Berührung kommen, die uns zuvor unbekannt waren – ohne in einem spezifischen Sinn "dazuzulernen". Unser Wissensstand wird in solch einem Fall linear und meist randständig additiv erweitert (Baumert et al. 1999).

Unterrichtliches Lernen unterscheidet sich von alltäglichem, eher zufällig ausgelöstem Lernen. Der Schulunterricht versucht, den Aufbau von Wissen (Lernprozesse bei Schülerinnen und Schülern) zielgerichtet anzuregen und zu unterstützen. In optimal verlaufenden Lernprozessen greifen additiver und kumulativer Wissensaufbau ineinander. Die Lernenden werden mit neuen Stoffgebieten vertraut gemacht, mit denen die verfügbare Wissensbasis nicht nur differenziert und erweitert, sondern auch qualitativ in einem vertieften Verständnis neu organisiert wird. So sind also beide Formen des Lernens Teil der von der Lehrkraft angeleiteten systematischen Lernprozesse im Unterricht. Wird eine gut vernetzte Wissensbasis in einem Sachgebiet schrittweise aufgebaut, kann man von erfolgreichen kumulativen Lernprozessen im Unterricht sprechen. Doch bleibt oft vieles, was im Unterricht gelernt wird, unverbunden in den Köpfen der Lernenden. Dies geschieht selbst innerhalb der einzelnen Schulfächer. Neue Elemente werden dem Wissensbestand einfach hinzugefügt, ohne dass ein vertieftes Verständnis des Sachgebiets erreicht wird (s. Abb 1).

Um den Begriff des kumulativen Lernens detaillierter zu klären und für die Unterrichtsplanung und den Unterrichtsaufbau nutzbar zu machen, ist eine kognitionspsychologische Betrachtung des Begriffs notwendig. Aus der Sicht der aktuellen Kognitionspsychologie wird Lernen als ein aktiver und konstruktiver Prozess des Lernenden aufgefasst. Generatives, produktives und verständnisvolles Lernen ist ein aktiver Prozess, der von der verfügbaren Wissensbasis des einzelnen Schülers und der einzelnen Schülerin abhängt. Aus dieser Perspektive heißt Lernen also mehr als nur - von der Lehrkraft vermittelte – Information passiv aufzunehmen und mechanisch zu verarbeiten. Untersuchungen haben gezeigt, daß derart aufgenommenes Wissen "träge" bleibt und unter veränderten Bedingungen nicht angewendet werden kann (s. hierzu Weinert 1995). Hinzu kommt, dass dieses Wissen kein anschlussfähiges Wissen darstellt; d.h. Wissen, das in nachfolgenden Lernschritten differenziert und erweitert werden kann.

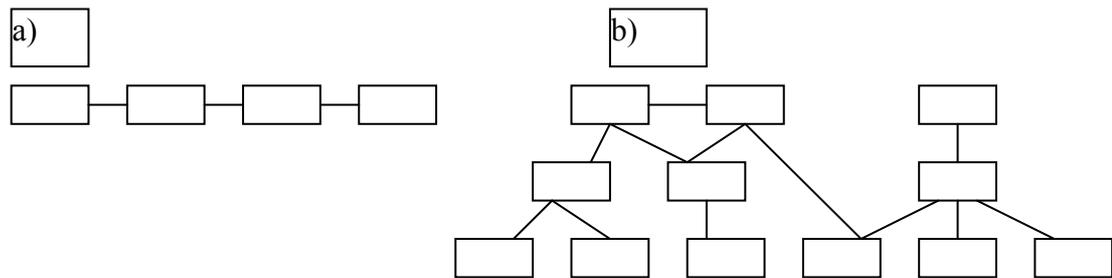


Abb. 1: Veränderung der Wissensstruktur bei (a) additiven und (b) kumulativen Lernprozessen (: Wissens-element; _____ : Verknüpfung)

Aus kognitionspsychologischer Sicht ist die *Struktur* des erworbenen Wissens bedeutsam (Struktur: Wissensbestände und Relationen). Diese kognitive Struktur bildet das geistige Bezugssystem, mit dem eintreffende Informationen verarbeitet und geeignete Handlungsstrategien entworfen werden. Lernen bedeutet nun, dass neue Informationen, neues Wissen in die bereits vorhandene Wissensstruktur des / der Lernenden eingebaut wird. Ist kumulatives Lernen das Ziel des Unterrichts, so muß dieser derart gestaltet sein, daß er eine qualitative Veränderung der Wissensstruktur des Lernenden erreicht. Nimmt das Wissen lediglich quantitativ aber unvernetzt zu, so findet ausschließlich additives Lernen statt.

Die bei erfolgreichem kumulativem Lernen stattfindende Veränderung der Wissensstruktur kann durch zwei Prozesse beschrieben werden: zum einen durch Aufbau- oder Integrationsprozesse und zum anderen durch Differenzierungsprozesse (Aebli 1969). In den meisten Fällen findet beim Lernen eine Mischung dieser beiden Arten von Lernprozessen statt (Messner 1978).

2.1 Aufbau von Wissensstrukturen

Bei dem Aufbau von Handlungsschemata, Operationen und Begriffen werden bereits verfügbare Wissens-elemente zu einer neuen Struktur integriert, indem sie entweder in einer neuen Weise zueinander in Beziehung gesetzt oder zum ersten Mal miteinander verknüpft werden. Die einzelnen Wissens-elemente stammen aus dem bereits vorhandenen Handlungs- und Begriffsrepertoire des/der Lernenden, ebenso wie auch die Art der Verknüpfungen. Die Verknüpfung einzelner Wissens-elemente führt zu neuen Strukturen, die im weiteren Aufbauprozess als Elemente höherer Ordnung fungieren. Aufbauprozesse lassen sich z.B. in Form von Baumdiagrammen darstellen. Diese Darstellungsform veranschaulicht vor allem den hierarchischen Charakter einer Aufbauleistung: Bekannte Wissens-elemente werden schrittweise zu Einheiten höherer Ordnung und diese zur angestrebten Gesamtstruktur integriert.

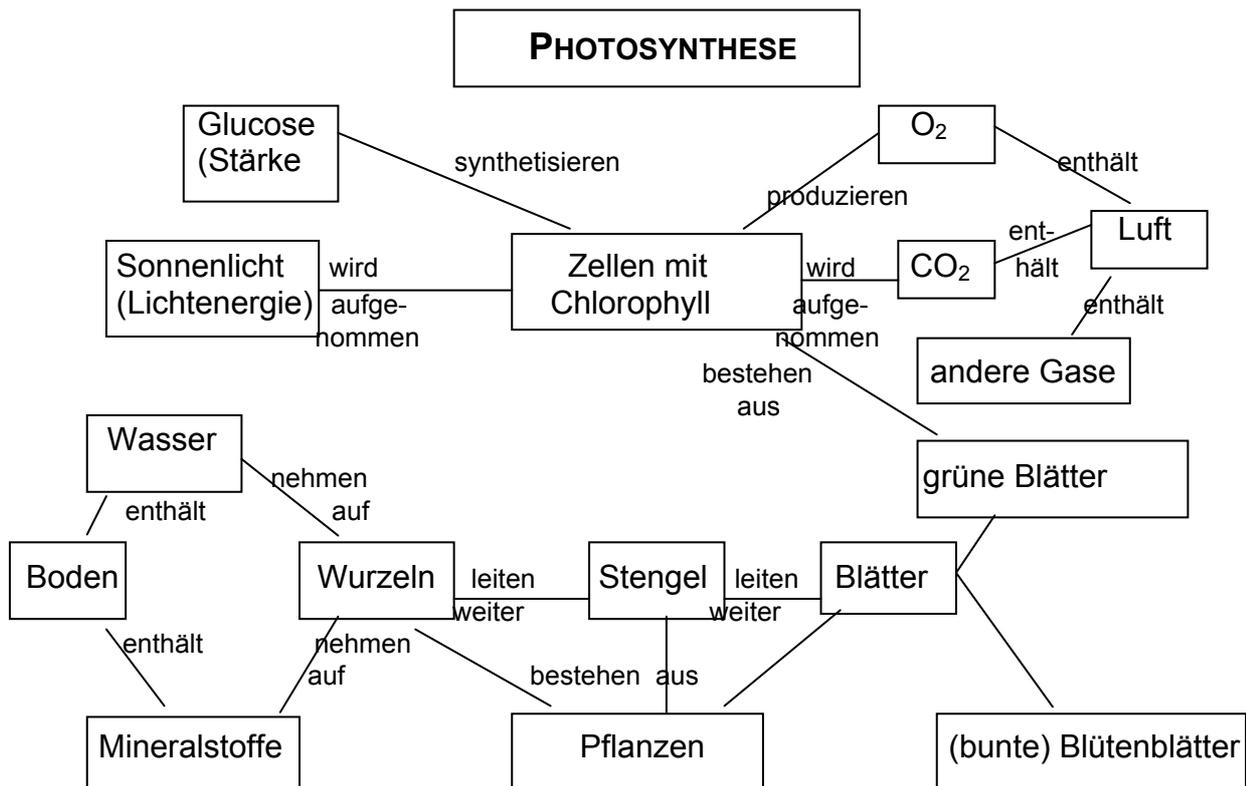


Abb. 2: Aufbauprozesse im Verlauf kumulativen Lernens in der Sekundarstufe I im Biologieunterricht. Beispiel: Lernen des Schlüsselkonzepts "Photosynthese". Der Lernprozess erfolgt von unten nach oben.

Analog dazu lassen sich bei vielen Begriffen, die ein Mensch im Verlaufe seines Lebens erworben hat, untergeordnete Begriffe und Operationen aufweisen, aus denen sich wiederum komplexere Begriffe zusammensetzen. Ein Aufbauprozess besteht also aus einer Folge einzelner Konstruktionsschritte beim Lernenden, die auseinander hervorgehen bzw. sich aufeinander stützen. Dieses "verbindende" Konstruieren von Wissen auszulösen und aufrecht zu erhalten, ist die Aufgabe der Lehrkraft. Das Mittel, mit dem dieser Prozess ausgelöst werden kann, ist wiederum der Unterricht, der demzufolge so angelegt sein und durchgeführt werden sollte, dass derartige Aufbauprozesse bei den Lernenden angeregt werden. Als Ergebnis des schrittweisen Wissensaufbaus entstehen neue Bedeutungsnetze und Handlungsmuster, die in sich geschlossene und sinnvolle Ganzheiten darstellen.

2.2 Differenzierung von Wissensstrukturen

Nicht immer entsteht eine neue Struktur durch die schrittweise Synthese einzelner Elemente der Wissensstruktur. Häufig gehen wir von einer noch globalen Vorstellung des aufzubauenden Begriffs oder der aufzubauenden Operation aus und versuchen umgekehrt, auf dem Wege der Analyse der Elemente und Beziehungen, die ihren Inhalt konstruieren, diesen zu erfassen. Dieser Prozess wird - im Gegensatz zum Aufbau der Wissensstruktur - als Differenzierung bezeichnet.

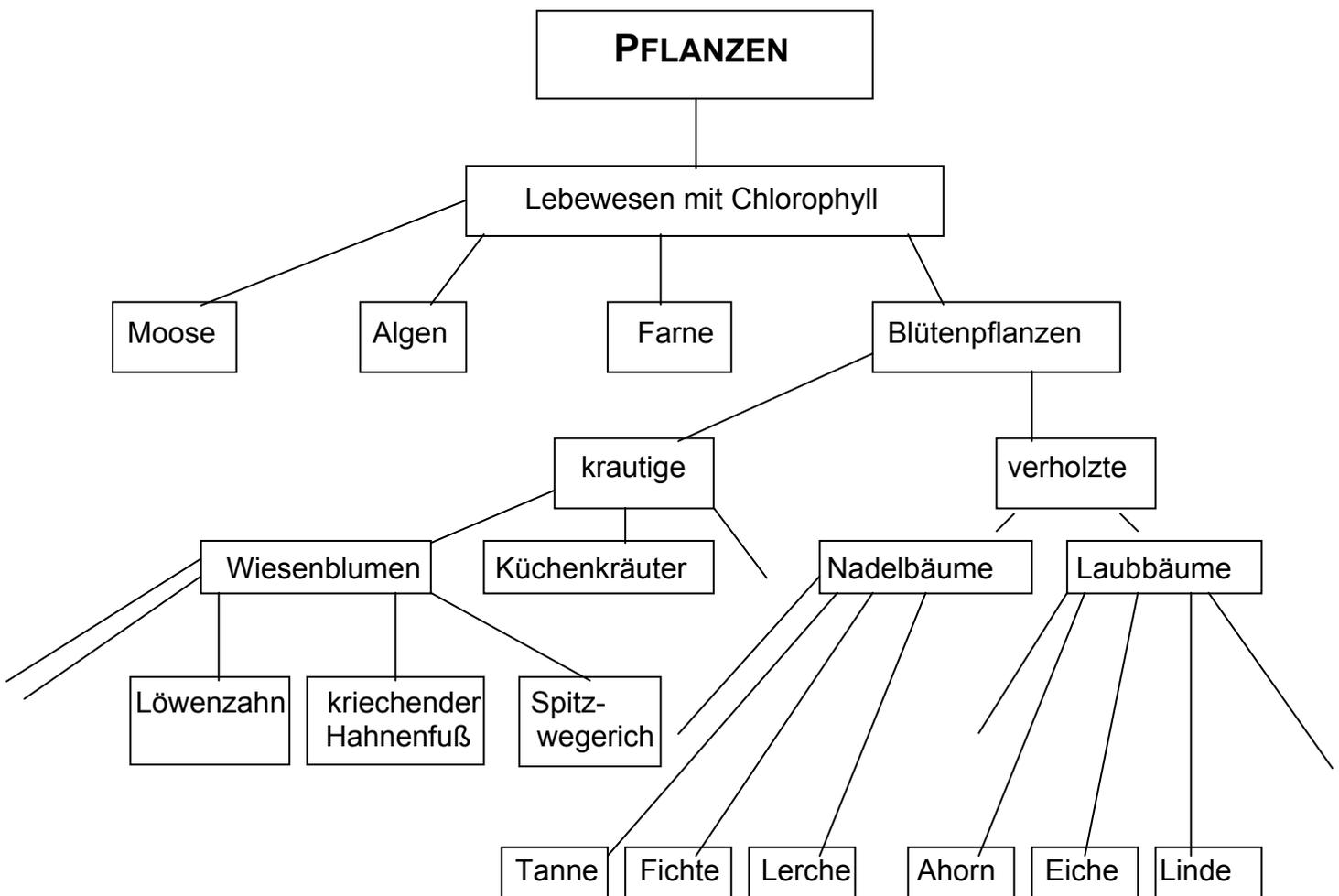


Abb. 3: Differenzierungsprozesse im Verlauf kumulativen Lernens in der Sekundarstufe I im Biologieunterricht. Beispiel: Differenzierung des Begriffs "Pflanzen".

Der Lernprozess erfolgt von oben nach unten (—) Audeutung weiterer möglicher Differenzierungen.

Dieses Vorgehen wird vor allem dann gewählt, wenn wir von einem neu aufzubauenden Begriff, einer Operation oder einem Handlungsschema schon eine globale Vorstellung besitzen, auf die sich der Differenzierungsprozess abstützen kann. Die zunächst noch sehr allgemeine und oberflächliche Kenntnis eines Sachverhalts wird differenziert, indem ihre Elemente hervorgehoben, d.h. artikuliert, und die Beziehungen zwischen diesen Elementen geklärt (strukturiert) werden. Dadurch entsteht ein deutlicheres und kla-

res Bild des Begriffs oder des Sachverhalts als vorher. Der Begriff oder Sachverhalt gewinnt für den Lernenden bzw. die Lernende so zunehmend an Bedeutung. Insbesondere sind Differenzierungsprozesse notwendig für Begriffe, die den Schülerinnen und Schülern aus ihrer Alltagswelt bereits bekannt sind und die im Unterrichtsverlauf zu wissenschaftlichen Konzepten von ihnen weiterentwickelt werden sollen (s. Abb. 3).

Besonders hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang, dass es nicht ausreicht, einen Begriffsinhalt oder ein Handlungsschema einmalig im Unterricht zu thematisieren und dann davon auszugehen, diese seien nun "gelernt". Um die Stabilität einer neu aufgebauten oder differenzierten Wissensstruktur zu sichern, muss diese konsolidiert werden. Dieses geschieht im Unterricht vor allem durch Anwendungs- und Übungsphasen, in denen aber nicht das Gewicht auf die einzelnen Wissens Elemente gelegt werden darf, sondern in denen die Lernenden zur Bewältigung von Aufgaben und Problemen die eben aufgebaute bzw. differenzierte Wissensstruktur aktivieren und nutzen müssen.

2.3 Die Bedeutung des Vorwissens für kumulatives Lernen

Unterrichtliche Lernprozesse stellen ein Kontinuum dar. Die durch Aufbau- und Differenzierungsprozesse vom Lernenden bzw. von der Lernenden konstruierten hierarchischen Wissensstrukturen nehmen ihren Ausgang von bereits vorhandenem Wissen. Dieses kann differenziert werden in bereits vorhandene Sachkenntnisse, die den im Schulunterricht zu vermittelnden wissenschaftlichen Konzepten entsprechen, und in Präkonzepte, Vorstellungen über Dinge und Sachverhalte, die der Alltagswelt entstammen (Alltagsvorstellungen). Für die Anlage des Unterrichts folgt aus dieser Tatsache die Notwendigkeit, das bei den Schülern zu Beginn eines neuen Lernprozesses (z.B. im Zusammenhang mit dem Beginn einer neuen Unterrichtseinheit oder gar zu Beginn einer Unterrichtsstunde) bereits vorhandene Wissen zum Ausgangspunkt des Lernprozesses zu machen.

In verschiedenen Untersuchungen wurde die große Bedeutung des Vorwissens für erfolgreiche Lernprozesse nachgewiesen. In diesem Zusammenhang wird unter dem Begriff "Vorwissen" nicht nur eine bestimmte Menge von Kenntnissen z.B. in einem bestimmten Schulfach verstanden, sondern hiermit ist besonders die Qualität der gespeicherten Informationen, das heißt deren Organisationsniveau (ungeordnetes Faktenwissen, um lebenspraktische Themen herum gruppierte pragmatische Informationen oder konzeptuell und hierarchisch strukturiertes Wissen), die Leichtigkeit, mit der auf das Wissen in unterschiedlichen Situationen zurückgegriffen werden kann (träge-verlötet oder flexibel transferierbar) und das Niveau der Operationen, das mit den gelernten Operationen realisiert werden kann (konventionell, intelligent oder kreativ) gemeint (Weinert 1995). Besonders durch die Experten-Novizen-Forschung konnte die große Bedeutung des intelligent geordneten, vernetzten inhaltsspezifischen (Vor-Wissens ge-

zeigt werden. Vergleicht man nämlich Menschen mit ähnlicher Intelligenz, aber unterschiedlichem Wissensstand bei der Bearbeitung schwieriger Lern-, Gedächtnis- und Problemlöseaufgaben aus einem bestimmten Inhaltsgebiet, so übertreffen diejenigen, die über das bessere inhaltliche Wissen verfügen (die Experten) die Novizen in allen Fällen (Ericsson & Crutcher 1990). Diese Überlegenheit ist allerdings auf die Wissensbereiche beschränkt, für die das Spezialwissen der Experten jeweils verfügbar ist.

Erst in den 60er Jahren wurde durch die Arbeiten von Gagné die Bedeutung des Vorwissens und des strukturellen Aufbaus der zu lernenden Inhalte und einer Hierarchie der dafür notwendigen Lernformen in den Vordergrund des wissenschaftlichen Interesses gerückt. Gagné ging davon aus, dass der Erwerb komplexer Kenntnisse und das Verstehen inhaltlich schwieriger Zusammenhänge abhängt von der Verfügbarkeit des relevanten Vorwissens bei der bzw. dem Lernenden. Für alle Lernaufgaben aller Schwierigkeitsebenen muss deshalb bei der Unterrichtsplanung die Frage gestellt werden, welche unmittelbaren Vorwissenskomponenten (Begriffe, Operationen etc.) vorhanden sein müssen, um eine Aufgabe überhaupt zu begreifen, eine neue Information sinnvoll zu verarbeiten und ein Problem erfolgreich zu lösen. Für jede der identifizierten Wissenskomponenten läßt sich die gleiche Frage wiederholen, so dass man schließlich für alle Wissens Elemente zu einer Hierarchie aufeinander aufbauender Kenntnisebenen gelangt.

Dieses Lernmodell Gagnés ist zugleich ein Instruktionsmodell zur schrittweisen Sequenzierung und zur inhaltlichen Ordnung des zu lernenden Wissens, das auf verschiedenen Wegen – z.B. von unten nach oben in Form eines Aufbauprozesses (s.o.) – durchlaufen werden kann (nach Weinert 1995). Der explizite Bezug auf das Vorwissen der Schüler / -innen ist in zweierlei Hinsicht für kumulative Lernprozesse von Bedeutung: Zum einen wird durch die Reaktivierung und die Artikulation der notwendigen Vorwissenskomponenten dieses zu Beginn einer Lerneinheit (z.B. einer Unterrichtseinheit oder –stunde) für neue aufbauende oder differenzierende Verknüpfungen mit neuen Wissens Elementen bereitgestellt. Zum anderen ist die Betonung des Vorwissens für das Lernen auch aus motivationalen Gründen für die Schüler / -innen wichtig; denn indem deutlich gemacht wird, in welchem Zusammenhang vorher Gelerntes mit dem neu zu Lernenden steht, indem für die Schüler /-innen transparent wird, dass vorher Gelerntes für den weiteren Erkenntnisgewinn und die Weiterentwicklung ihrer Handlungsfähigkeit (z.B. bei der Durchführung von Experimenten) und bei der selbständigen Lösung von Problemen unabdingbar ist, wird die motivationale Grundlage für das weitere Lernen geschaffen. Nur so können die Schüler/innen erkennen, dass vorangegangene Lernaufstellungen sich gelohnt haben.

3 Didaktische Strukturierungsansätze am Beispiel des Biologieunterrichts

Die in den zwei vorausgegangenen Abschnitten beschriebenen Prozesse des Aufbaus (der Integration) und der Differenzierung von Wissensstrukturen müssen während des Lernens bei Schülerinnen und Schülern stattfinden, wenn kumulatives Lernen erreicht werden soll. Für die Unterrichtspraxis ist deshalb von besonderer Bedeutung, Unterrichtsabläufe und Lernumgebungen zu gestalten, die Aufbau- und Differenzierungsprozesse auslösen. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass Aufbau- und Differenzierungsprozesse beim Lernen nicht jeweils isoliert stattfinden, sondern im Unterrichtsverlauf ineinander verschachtelt sind. Die Verflechtung dieser Prozesse muß bei der inhaltlichen Strukturierung des Unterrichts deshalb unbedingt berücksichtigt werden.

So hängt der in der Abbildung 2 dargestellte Aufbau des Begriffs "Photosynthese" zum Beispiel eng mit der Ausdifferenzierung des Begriffs "Pflanzen" zusammen. Dieser Begriff kann einerseits im Unterricht der Ausgangspunkt zum Kennenlernen der einzelnen Mitglieder des Pflanzenreichs sein, wenn der Unterricht z.B. auf das Lernziel "Kennenlernen von Pflanzengruppen, -familien und -arten" abzielt. Zugleich kann er einen der Basisbegriffe darstellen, der zum Aufbau des Begriffs "Photosynthese" führen kann. Für die Unterrichtspraxis mit dem Ziel des kumulativen Lernens folgt daraus, dass die Unterrichtsgegenstände dahingehend analysiert werden müssen, ob sie im jeweiligen Unterrichtszusammenhang als Ausgangspunkt für einen Differenzierungs- oder einen Aufbauprozess dienen sollen. Zugleich muss bei der Unterrichtsvorbereitung geklärt werden, welche Differenzierungs- und Aufbauprozesse bereits bei den Schülerinnen und Schülern stattgefunden haben und konsolidiert worden sein müssen, um ein erfolgreiches Weiterlernen im Zusammenhang mit neuen Unterrichtsinhalten überhaupt möglich zu machen.

Von wesentlicher Bedeutung für die Qualität der schulischen Lernprozesse ist also die Art und Weise, wie die Lehr- bzw. Lerninhalte gegliedert und strukturiert werden. Kumulatives Lernen wird nicht gefördert, wenn in sich geschlossene Lerninhalte in kleine und kleinste Lernschritte zerlegt und dann im Unterricht weitgehend isoliert geübt werden.

Diese atomistische Tendenz führt zu mechanischem Lernen und kann sich sowohl in der lektionsübergreifenden Gliederung der Lerninhalte eines Unterrichtsfaches, z.B. in der Form von Stoffverteilungsplänen, als auch in der Feinstruktur des Unterrichtsablaufs manifestieren.

So sieht der Lehrplan für die Sekundarstufe II (Gymnasium) für Schleswig-Holstein (1997) für die 8. und 9. Klasse im Fach Biologie z.B. folgende Themen vor:

KLASSENSTUFE 8

Themen	Inhalte
1. Die Zelle als Grundeinheit des Lebens	<ul style="list-style-type: none"> - Zellorganellen pflanzlicher und tierischer Zellen - Bau und Lebensweise eines Einzellers - Zellen, Gewebe, Organe, Organismen - Zelle, Zellkern, Chromosomen, Zellteilung (Mitose)
1. Wirbellose Tiere - Vielfalt und Bedeutung	<ul style="list-style-type: none"> - Körperbau und Lebensweise eines Ringelwurms - Körperbau und Lebensweise von Insekten - Entwicklung bei Insekten - Staatenbildende Insekten - Körperbau und Lebensweise anderer Gliederfüßler - Ökologische und wirtschaftliche Bedeutung von Insekten und anderen Gliederfüßlern - Körperbau und Lebensweise eines Weichtieres
1. Sexualität des Menschen II	<ul style="list-style-type: none"> - Physische u. psychische Entwicklung in der Pubertät - Sexuelle und soziale Reife - Schwangerschaft und Geburt - Empfängnisverhütung und AIDS-Prävention - Freundschaft, Liebe, Partnerschaft, Sex
2. Parasiten des Menschen	<ul style="list-style-type: none"> - Anpassung und Lebensweise eines Ektoparasiten - Ektoparasiten als Überträger von Krankheitserregern - Entwicklung eines Endoparasiten

KLASSENSTUFE 9

Themen	Inhalte
1. Aspekte der Humangenetik	<ul style="list-style-type: none"> - Ähnlichkeiten zwischen Eltern und Kindern - Chromosomen - Träger der Erbanlagen - Keimzelle und Befruchtung, Meiose

	<ul style="list-style-type: none"> - Dominant-rezessive Erbgänge - Modifikation und Mutation
1. Richtige Ernährung - eine Voraussetzung für die Gesundheit	<ul style="list-style-type: none"> - Nahrung: Menge und Zusammensetzung - Verdauungsorgane und ihre Anhangsdrüsen - Ernährung in verschiedenen Regionen der Erde
2. Biologische Nutzung der Sonnenenergie	<ul style="list-style-type: none"> - Atmung - Speicherung von Sonnenenergie durch Photosynthese - Energienutzung durch den Menschen
3. Lebensräume und Lebensgemeinschaften Wechselbeziehungen, Gefährdung und Schutz	<ul style="list-style-type: none"> - Typische Pflanzen und Tiere eines Lebensraumes - Wechselbeziehung eines Lebewesens mit seiner Umwelt - Beziehungsgefüge von Organismen in einem Lebensraum - Beeinflussung von Lebensgemeinschaften und Lebensräumen durch die Menschen

Es ist problemlos möglich, diese Themen im Biologieunterricht als isolierte und inhaltlich abgegrenzte Blöcke zu unterrichten. Häufig wird diese atomistische Behandlung einzelner, vordergründig in sich abgeschlossener Themen sowohl von den Lehrkräften als auch von den Lernenden positiv bewertet: Mit einem neuen Thema erhält der/die Lernende eine neue Chance, unabhängig davon, ob die Inhalte und Zusammenhänge des vorausgegangenen Unterrichtsabschnitts gelernt und verstanden wurden.

Nicht nur aus biologiedidaktischer Sicht ist diese Auffassung von Lernen in Hinblick auf *kumulative* Lernprozesse kontraproduktiv. Biologie zu verstehen setzt voraus, dass die in den Lehrplänen genannten und beschriebenen biologischen Konzepte und Zusammenhänge vernetzt im Unterricht dargeboten werden, um den Schülerinnen und Schülern zu ermöglichen, dass sie (kognitionspsychologisch gesprochen) die inhaltlichen Verknüpfungen durch die Ausdifferenzierung oder den Aufbau der biologischen Konzepte in ihrer Wissensstruktur konstruieren können; denn nur so sind biologische Fragestellungen - auf Schulniveau - sachlich fundiert bearbeit- und beantwortbar.

Ein didaktisches Vorgehen, das in sich geschlossene Einheiten in kleine Teile zerlegt und diese isoliert behandelt, ist derzeit typisch für schulischen Unterricht. Diese Praxis wird nicht selten von der Anordnung des Lehrstoffes in Lernmitteln "vorstrukturiert" und gefördert. Ähnliche Tendenzen lassen sich nicht nur in curricularen Entwürfen einzelner Schulfächer nachweisen, sondern treten häufig auch in der Feinstruktur des Unterrichtsablaufs in Erscheinung (vgl. Messner 1978).

Einer derartigen Unterrichtspraxis liegt ein einseitiges und oberflächliches Verständnis vom Wesen höherer Lernprozesse zu Grunde. Lernen wird hier als gedächtnismässiges Einprägen einzelner Kenntnisse aufgefasst. Diese Deutung schließt die Vorstellung ein, dass Lernen ein linearer Vorgang sei, der sukzessive zu einer quantitativen Zunahme des Wissens und Könnens führt. Nun ist jedoch das einsichtige Lernen durch den Aufbau eines transparenten Beziehungsgeflechts und nicht durch eine additive Anhäufung isolierter Wissens-elemente gekennzeichnet. Die additive Anhäufung isolierter Wissens-elemente trägt wenig oder nichts zur Klärung und Bewältigung von Anwendungssituationen bei, weil dabei die entscheidenden Sachzusammenhänge nicht erfasst werden.

An den vorangegangenen Überlegungen lässt sich erkennen, dass die inhaltliche Strukturierung des Unterrichts grundlegend ist für die Ermöglichung kumulativer Lernprozesse bei Schülerinnen und Schülern. Die Strukturierung des Unterrichts findet auf mehreren Ebenen statt (s. Tab. 1).

Ebene	Strukturelement	Strukturierende Instanz
übergeordnete Ebene/Makroebene	Lehrplan bzw. Rahmenrichtlinien	Kultusministerium/ Lehrplan-kommission
mittlere Ebene/Metaebene	Primarstufe Sekundarstufe I Sekundarstufe II	jeweiliges Fachkollegium
untere Ebene/Mikroebene	Schuljahr Schulhalbjahr	jeweiliges Fachkollegium/ Fachlehrer/-in
	Unterrichtseinheit Unterrichtsstunde	Fachlehrer/-in

Tab. 1: Zur Strukturierung des Unterrichts auf der Makro-, Meta- und Mikroebene.

Da die Strukturierung der Lerninhalte auf der Makroebene durch die Fachlehrer/-innen bzw. die Fachkollegien der einzelnen Schulen nicht direkt beeinflusst oder gar gestaltet werden können, wird im folgenden auf diese nicht weiter eingegangen. Die Erläuterungen zur Strukturierung des Biologieunterrichts mit dem Ziel des kumulativen Lernens beschränken sich deshalb auf die in Tab. 1 beschriebene Meta- und Mikroebene.

Unter Struktur wird hier das Gefüge der Relationen zwischen den Elementen eines Systems verstanden. Vom Wortsinn der Bezeichnung "Strukturierung" ausgehend, geht es hier demzufolge um das Stiften einer Ordnung zwischen den Elementen (Inhalten) des

Unterrichts, wobei die Elemente als vorgegeben angenommen werden können (vgl. Eschenhagen et. al 1998). Das Stiften der Ordnung geschieht im Zusammenhang mit dem Ziel des kumulativen Lernens derart, dass die Beziehungen und die kausalen Zusammenhänge zwischen den einzelnen Inhalten für die Lernenden transparent werden (unterrichtspraktische Ebene). Lernpsychologisch sollten sie so angeordnet werden, dass Aufbau- und Differenzierungsprozesse (wie in Kapitel 2.1 und 2.2 beschrieben) bei den Schülern/-innen ausgelöst werden. Durch die Strukturierung des Biologieunterrichts wird dem Lernenden ein bedeutungsvolles und beziehungsreiches Lernangebot gemacht. Der Unterricht stiftet bedeutungsvolle Zusammenhänge; das Lernen der einzelnen Inhalte des Unterrichts wird für Schüler/-innen sinnvoll (vgl. Nagel 1978), es kommt zu kumulativem Lernen.

Gestaltungsmöglichkeiten haben Fachkollegen u.a. auf der in Tabelle 1 beschriebenen Metaebene. So kann zum Beispiel an einem Gymnasium oder an einer Gesamtschule das Fachkollegium Biologie den Biologieunterricht für die gesamte Sekundarstufe I nach einem ausgewählten Konzept (s.u.) strukturieren. Indem der gesamte Fachunterricht einem zentralen biologischen Konzept zugeordnet wird, wird für den Unterricht einerseits ein Rahmen geschaffen, der für alle Kollegen die fachlichen Inhalte des Unterrichts über die Sekundarstufe I hinweg vorgibt; zugleich bekommt der Fachunterricht eine übergeordnete Struktur, die - im Sinne eines "advance organizer" nach Ausubel - den gesamten Fachunterricht über eine Schulstufe hinweg vorstrukturiert. Im folgenden werden verschiedene, inhaltlich orientierte Strukturierungsansätze für die Metaebene aus der Literatur skizziert.

(1) *Ökologische Strukturierungsansätze* wurden von verschiedenen Autoren vorgelegt (Eulefeld, 1977, Rodi 1977, Schultz 1977). In bezug auf kumulative Lernprozesse erscheint vor allem Eulefelds Ansatz von Bedeutung zu sein. Mit seinem Ansatz versucht Eulefeld nicht allein ökologische Inhalte im Biologieunterricht in den Mittelpunkt zu stellen, sondern mit dem der Ökologie inhärenten "Denken in Wechselbeziehungen" den gesamten Biologieunterricht zu strukturieren. Dieses Strukturierungsprinzip enthält Hauptkonzepte, die untergliedert und erläutert werden und jeweils als innere Stoffverbindungen die einzelnen Unterrichtseinheiten verknüpfen sollen: Erhaltung, Reproduktion, Anpassung, Wechselbeziehung.

(2) In seinem *humanzentrierten Strukturierungsansatz* versucht Kattmann (1980), den Bezug zum Menschen für Lehrperson und Lernenden/Lernende im gesamten Biologieunterricht deutlich auszuweisen und dabei gleichzeitig biologisches Wissen durchgehend mit sozialen und individuellen Fragen zu verknüpfen (siehe Eschenhagen u.a., 1998, S. 51-52). Bei dieser Vorgehensweise wird die biologische "Fachstruktur" nicht einfach als vorgegeben angenommen, sondern an sich hinterfragt. So wird im Zusammenhang mit der humanzentrierten Strukturierung ein didaktisches Verständnis der Wissenschaften "Biologie" entwickelt. Biologie wird bei diesem Ansatz als Wissenschaft von der "Biosphäre und deren Geschichte" verstanden (vgl. v. Wahlert 1977). Die Bedeutung dieses Wissenschaftsverständnisses für einen humanzentrierten Unterricht wird darin deutlich, dass der Mensch selbst Teil und Gegenstand der Biosphäre ist und so deren Geschichte und Zukunft teilt. Auf dieser Grundlage wird der Biologieunterricht auf der Sekundarstufe I mit Hilfe dreier Fragen strukturiert. Den drei Fragen sind drei Kataloge von Konzepten zugeordnet. Diese Konzepte sollen bei der Planung der einzelnen Unterrichtseinheiten beachtet werden und auf diese Weise ein inneres Beziehungsnetz zwischen den verschiedenen Stoffgebieten herstellen (innere Stoffverbindungen). Die stärker übergreifenden Konzepte stehen so an der Spitze der Tabelle (s. Tab. 2); dieses sind: Evolution, Doppelrolle des Menschen, zukünftige Evolution des Menschen. Die in der neueren Entwicklung betonten allgemeinbiologischen Konzepte sind in dem Katalog zu Frage 1 enthalten.

Dem so entwickelten Biologieverständnis entspricht es, dass sich die Konzepte auf die drei biologischen Ebenen "Biosphäre", "Population" und "Organismus" beziehen. Der humanzentrierte Ansatz stellt also die allgemeinbiologische Orientierung in den übergreifenden Rahmen des entwickelten Biologieverständnisses.

	Frage 1: Welchen biologischen Grundlagen und Bedingungen verdankt der Mensch seine Existenz?	Frage 2: Worin besteht die Eigenart des Menschen, und welche Bedeutung hat sie für die Biosphäre?	Frage 3: Welche Bedeutung hat die Variabilität des Menschen?
Bio sp häre	1.1 Evolution	2.5 Die Doppelrolle des Menschen 2.6 Die menschliche Umwelt 2.3 Die menschlichen Gesellschaften	3.1 Zukünftige Evolution des Menschen

Popu- lato- n	2.3 Verhalten 2.4 Variabilität und Vererbung 2.5 Sexualität	2.7 Die menschliche Lebensspanne und das soziale Lernen 2.8 Die Symbolsprache und die nichtsprachliche Verständigung 2.9 Die menschliche Sexualität	2.10 Biologische Unterschiede zwischen Populationen 2.11 Biologische Unterschiede zwischen sozialen Gruppen 3.4 Biologische Unterschiede zwischen den Geschlechtsgruppen
Organis- mu- s	2.6 Organismische Systeme 2.7 Reizbarkeit, Transinformation, Regulation 2.8 Fortpflanzung, Wachstum und Entwicklung 2.9 Stoff- und Energiewechsel 2.10 Aktive Bewegung	2.12 Das differenzierte Gehirn und die generalisierte Hand 2.13 Das menschliche Gesicht 2.9 Der ständige bipede Aufrechtgang	3.5 Biologische Unterschiede zwischen Individuen

Tab. 2: Fragen und Katalog von Konzepten des humanzentrierten Strukturierungsansatzes (Eschenhagen et al. 1998, S. 52).

(3) Ein weiterer Strukturierungsansatz des Biologieunterrichts wählt die *Prinzipien des Lebendigen* als grundlegende Orientierung. Dieser wird zum Beispiel von Schaefer (1990) vertreten.

(4) Im *naturgeschichtlich* ausgerichteten Unterricht wird der Evolutionsgedanke als zentrales Strukturierungsprinzip zu Grunde gelegt. Die Evolutionstheorie wird in diesem Ansatz - gemäß ihrer Bedeutung als durchgehende und spezifisch biologische Theorie - zur Voraussetzung für alle Themen des Biologieunterrichts gemacht (vgl. Kattmann 1995, Illner und Gebauer 1997).

(Ähnliche Ansätze finden sich bei der Strukturierung des amerikanischen Biologieunterrichts. Das BSCS entwickelte drei alternativ verwendbare Ansätze für den Biologieunterricht: "the molecular approach", "the ecological approach", and "the human approach".)

Der unter (4) genannte *naturgeschichtliche* Ansatz soll hier genauer betrachtet werden. Er stellt das Konzept "Evolution" in den Mittelpunkt des Biologieunterrichts. Die verschiedenen biologischen Themenbereiche werden in einem derartigen Unterricht in Hinblick auf die Evolution behandelt, d.h. das Konzept "Evolution" wird im Unterricht schrittweise im kognitionspsychologischen Sinne aufgebaut. Zu diesem Zweck müssen

auf untergeordneten Ebenen weitere Aufbau- und Differenzierungsprozesse beim Lernen bei den Schüler/-innen über die verschiedenen relevanten Themengebiete initiiert werden. Die inhaltliche Verknüpfung der Themengebiete i.d. Sinne zeigt Abb. 4.

So hängt zum Beispiel das Konzept "Meiose" (Themengebiet "Die Gene") eng zusammen mit dem Thema "Makromoleküle (Themengebiet "Die Chemie des Lebens"). Auf zellulärer Ebene steht die Meiose in Zusammenhang mit dem Zellkern als Ort der meiotischen chromosomalen Teilungsvorgänge. Darüber hinaus macht sie ein Wissenselement des Konzepts Fortpflanzung sowohl bei Pflanzen als auch bei Tieren aus ... Im Hinblick auf das aufzubauende Konzept "Evolution" bildet die Meiose einen Prozess, der sich im Laufe der Entstehung des Lebens selbst erst entwickelt hat (die Evolution der Meiose selbst) und der eine grundlegende Voraussetzung für die Evolution aller Arten darstellt.

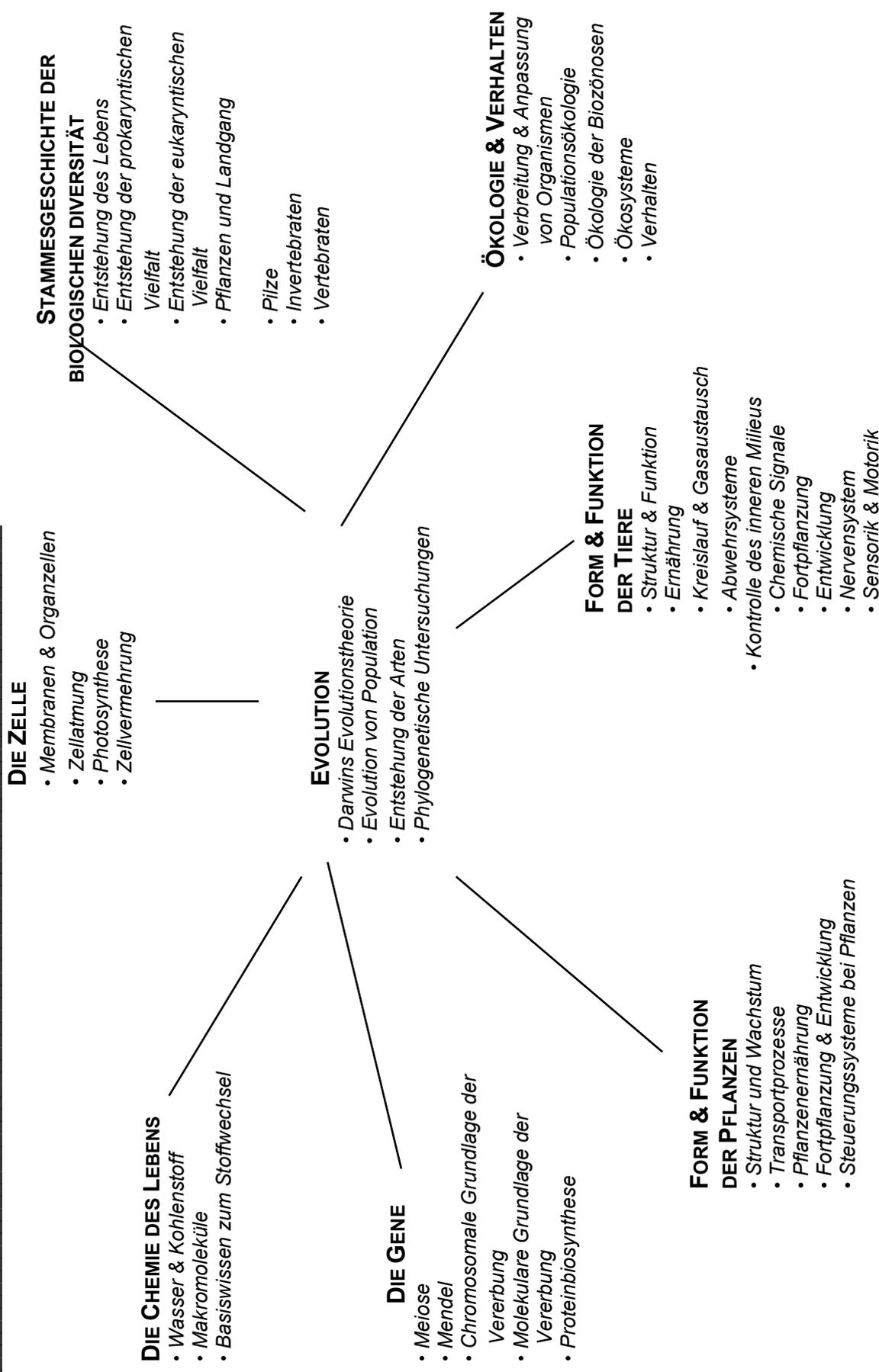


Abb. 4: Evolution als zentrales, integrierendes Konzept für das Fach Biologie (Campbell 1997, verändert). Die Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Themengebieten wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit weggelassen.

Die hier vorgestellten Strukturierungsprinzipien dienen als Anregung für die Planung des Biologieunterrichts über eine oder mehrere Schulstufen.

Für die an den Programmschulen installierten Arbeitsgruppen stellt sich die Aufgabe, die Eignung bestimmter Strukturierungsansätze unter den curricular gegebenen Rahmenbedingungen zu prüfen. Entsprechend sind dann die Lerninhalte nach Klassenstufen ausdifferenzieren. Hierbei ergibt sich eine Vielzahl von Möglichkeiten, Inhalte so zu vernetzen, dass kumulatives Lernen gefördert wird. Das BLK-Programm bietet die Chance, verschiedene Alternativen in kollegialer Zusammenarbeit zu reflektieren und über einen längeren Zeitraum zu erproben.

4 Literatur

- Aebli, H. (1969). Über den Aufbau kognitiver Strukturen. In: Bericht über den 26. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Psychologie. Hogrefe Verlag, Göttingen, S. 160.
- Baumert, J., Bos, W., Watermann, R. (1999). TIMSS/III Schülerleistungen in Mathematik und den Naturwissenschaften am Ende der Sekundarstufe II im internationalen Vergleich. Studien und Berichte. Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Bd. 64, Berlin.
- Campbell, N.A. (1997). Biologie. Spektrum Akademischer Verlag.
- Ericsson, K.A. Crutcher, R.J. (1990). The nature of exceptional performance. In: Baltes, D.L. et al. (Hrsg.): Life-span development and behaviour, Vol. 10, Hillsdale, NJ: Erlbaum, pp. 187-217
- Eschenhagen, D., Kattman, U., Rodi, D. (1998). Fachdidaktik Biologie. Aulis Verlag Deubner & Co. KG, Köln, 1998.
- Eulefeld, G. (1977). Ein ökologischer Strukturierungsprinzip für das Biologie-Curriculum in der Sekundarstufe I. In: Kattmann, U., Isensee, W.: Strukturen des Biologieunterrichts. Aulis Verlag, Köln, S. 125-157.
- Illner, R., Gebauer, M. (1997). Bericht über das Symposium "Evolution und Lebenswirklichkeit". In: Bayrhuber, H. et al.: Biologie und Lebenswirklichkeit. Kiel, IPN.
- Kattmann, U. (1980). Bezugspunkt Mensch. Aulis Verlag, Köln.
- Kattmann, U. (1995). Konzeption eines naturgeschichtlichen Biologieunterrichts. ZfDN 1, H. 1, 29-42.
- Messner, H. (1978). Wissen und Anwenden. Klett-Cotta
- Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Schleswig-Holstein (1997). Lehrplan für die Sekundarstufe I der weiterführenden allgemeinbildenden Schulen Hauptschule, Realschule, Gymnasium. Glückstadt.
- Nagel, G. (1978). Leitideen für den Biologieunterricht. BU 14, H. 3, 16.-37.
- Rodi, D. (1977). Ein Strukturierungsansatz für den Biologieunterricht in der Sekundarstufe I durch das ökologische Konzept. In: Kattmann, U., Isensee, W.: Strukturen des Biologieunterrichts. Aulis Verlag, Köln, S. 185-196.
- Schaefer, G. (1990); Die Entwicklung von Lehrplänen für den Biologieunterricht auf der Grundlage universeller Lebensprinzipien. MNU 43, H. 8, 471-480.
- Schulz, W. (1977); Unterricht - Analyse und Planung. In: Heinemann, P., Otto, G., Schulz, W.: Unterricht - Analyse und Planung. Schroedel Verlag, Hannover, S. 13-47.
- Wahlert, G. von (1977); Die Geschichtlichkeit des Lebendigen als Aussage der Biologie. In: Kattmann, U., Isensee, W.; Strukturen des Biologieunterrichts. Aulis Verlag, Köln, S. 46-58.
- Weinert, F.E. (1995); Lerntheorien und Instruktionsmodelle. In: Weinert, F.E. (Hrsg.): Psychologie des Lernens und der Instruktion. Enzyklopädie der Psychologie. D/I Pädagogische Psychologie, Bd. 2, Hogrefe Verlag, Göttingen, S. 1-47.