

Lehrplan Biologie

Grund- und Leistungsfach
Jahrgangsstufen 11 bis 13
der gymnasialen Oberstufe
(Mainzer Studienstufe)

Mitglieder der Fachdidaktischen Kommission

Lothar Bade, Kooperative Gesamtschule, Herxheim
Ilona Baumgartner, Integrierte Gesamtschule, Mainz-Bretzenheim
Rita Dekant-Klingmann, Bertha-von-Suttner-Gymnasium, Andernach
Klaus Hamann, Gymnasium an der Stadtmauer, Bad Kreuznach
Dr. Helmut Haß, Studienseminar für Gymnasien, Koblenz (Leiter)

Vorwort

Die Lehrplanrevision für die gymnasiale Oberstufe orientierte sich an der Frage, welche Bedeutung die Begriffe allgemeine Hochschulreife und allgemeine Studierfähigkeit mit Blick auf die aktuellen und künftigen gesellschaftlichen Anforderungen heute haben und wie sie inhaltlich gefüllt werden können. Dabei sind beispielsweise veränderte außerschulische Rahmenbedingungen und Anforderungen ebenso zu berücksichtigen wie fachwissenschaftliche und fachdidaktische Weiterentwicklungen und der Einfluß der neuen Inforinations- und Kommunikationstechnologien. Darüber hinaus soll der Bedeutung von wissenschaftspropädeutischem Arbeiten, selbständigem Lernen und vernetztem Denken für die allgemeine Studierfähigkeit Rechnung getragen werden.

Zur allgemeinen Hochschulreife und Studierfähigkeit gehört heute einerseits der Aufbau eines breiten, gut organisierten und in Anwendungssituationen erprobten Fundaments an Wissen und Fähigkeiten und andererseits der Erwerb von Lernstrategien und Kompetenzen, die ein selbständiges Weiterlernen ermöglichen. Eine solide, gut organisierte Wissensbasis in unterschiedlichen Fachbereichen ist Voraussetzung sowohl für den systematischen, kumulativen Kompetenzerwerb innerhalb der Fächer als auch für vernetztes Denken und Problemlösen über die Fächergrenzen hinaus.

Die vorliegenden Lehrpläne versuchen, diesen Anforderungen Rechnung zu tragen, indem sie Bewährtes fortführen und gleichzeitig deutliche neue Akzente setzen. Den Fachlehrerinnen und -lehrern werden mehr Entscheidungsspielräume als bisher eingeräumt, sowohl bezüglich der Stoffabfolge als auch bezüglich des Stoffumfangs und der Auswahl der Inhalte. Die Themen sind in der Regel nicht Halbjahresabschnitten zugeordnet, sondern die gymnasiale Oberstufe wird als inhaltliche Einheit gesehen. Wahlpflichtthemen regen schulinteme oder lerngruppenbezogene Schwerpunktbildungen an.

Fachübergreifendes Arbeiten gehört grundsätzlich zum Unterricht in der gymnasialen Oberstufe. Daher enthält jeder Fachlehrplan ein gesondertes Kapitel zum fachübergreifenden und fächerverbindenden Lernen, das auch Organisationsmodelle und konkrete Themenvorschläge umfaßt.

Die jetzt vorliegenden Lehrpläne bauen auf den Lehrplanentwürfen auf und berücksichtigen die Ergebnisse der breit angelegten Anhörung sowie die Anregungen aus vielen Veranstaltungen mit Fachlehrerinnen und -lehrern.

Ich danke den Fachdidaktischen Kommissionen für ihr außergewöhnliches Engagement und ihre qualifizierte Arbeit und hoffe, daß sie die Umsetzung der Lehrpläne mit ihren Überlegungen und Erfahrungen noch ein Stück weit begleiten können.

gez. Prof. Dr. E. Jürgen Zöllner

Inhaltsverzeichnis

1. Fachdidaktische Konzeption	7
1.1 Die Bedeutung des Faches Biologie in der gymnasialen Oberstufe	7
1.2 Das Fach Biologie im fachübergreifenden und fächerverbindenden Kontext	10
1.3 Fachspezifisch allgemeine Ziele	11
1.4 Kriterien für die Auswahl der Ziele und Inhalte	12
1.5 Hinweise zu Unterrichtsmethoden und zur Unterrichtsorganisation	20
2. Hinweise zur Handhabung des Lehrplans	21
3. Themenübersicht für die Jahrgangsstufen 11 bis 13	25
4. Grundfach	40
5. Leistungsfach	76
6. Vorschläge zur Strukturierung	112
7. Fachübergreifendes und fächerverbindendes Lernen	126
8. Anhang	140
8.1 Anmerkungen	140
8.2 Literaturhinweise	146

1. Fachdidaktische Konzeption

1.1 Die Bedeutung des Faches Biologie in der gymnasialen Oberstufe

Biologie steht wie jedes Schulfach im Spannungsfeld von Fachwissenschaft *und* Bedürfnissen der Schülerinnen und Schüler als Mitglieder der Gesellschaft. Als Zielsetzung der Oberstufe in Rheinland-Pfalz gilt in Übereinstimmung mit den Vereinbarungen der Kultusministerkonferenz:

- vertiefte *Allgemeinbildung*, die auch die Fähigkeit zur Berufs- und Studienwahl einschließt und damit verbunden
- *Wissenschaftspropädeutik* sowie die
- Sicherung der *Studierfähigkeit*.

Biologie als Schulfach

Biologie fördert in der Oberstufe durch lebensorientierte wissenschaftliche Einsichten die Studierfähigkeit und verleiht als Abiturfach gleichzeitig die Zugangsberechtigung zum Hochschulstudium.

Durch humanbiologische Aspekte (Ernährung, Gesundheitserziehung, Drogenprävention u.Ä.) und ökologische Fragestellungen (Natur- und Umweltschutz) vermitteln die Biowissenschaften innerhalb des Fächerkanons der gymnasialen Oberstufe unerlässliche allgemeinbildende *Sachkompetenzen*. Wachsende Bedeutung erlangen Einblicke in industriell-technische Anwendungen (Gen- und Biotechnik), die heute und in Zukunft als ökonomisch bedeutende Schlüsseltechnologien gelten.

Praxisorientierte, empirisch-experimentelle Methoden im Umgang mit Lebewesen, verbunden mit abstrahierender Modell- und Theorienbildung, führen im Fach Biologie im Rahmen naturwissenschaftlicher Bildung zur fachspezifischen *Methodenkompetenz*.

Biologie beschäftigt sich mit *lebenden Systemen*¹⁾, deren Komplexität Fragen und Probleme aufwirft, die arbeitsteilige Gruppenarbeit und fachübergreifendes Arbeiten sinnvoll machen. Kooperation im Team verbindet *Methoden-* und *Sozialkompetenz*. Alle Bereiche der Biologie sind mit natur- oder geisteswissenschaftlichen Disziplinen so eng vernetzt, dass *inter- und transdisziplinäres Denken* stets die Basis des Biologieunterrichts bilden²⁾.

Biologie als Naturwissenschaft

Gegenstand der Naturwissenschaften ist die reale Welt als außerhalb des Bewusstseins bestehende Wirklichkeit. Da sich die reale Welt nicht als Ganzes

begreifen lässt, hat die neuzeitliche Wissenschaft die Welt in überschaubare *Systeme* zerlegt, deren Elemente und Wirkungsgefüge einem analytischen Verständnis leichter zugänglich sind.

Naturwissenschaften entwerfen *Modelle* zur Beschreibung und Diskussion realer Phänomene und Gesetzmäßigkeiten, wobei die Modelle weder wahr noch falsch, sondern zweckmäßig oder unzweckmäßig sind. Als zweckmäßig erweisen sich naturwissenschaftliche Modelle vor allem dann, wenn sie - neben einer Deutung der Natur - brauchbare Grundlagen für technische Anwendungen liefern, die die *Viabilität*³⁾ der Menschheit im Rahmen einer intakten Biosphäre fördern.

Die technisch-zivilisatorische Entwicklung fußt auf dem prozesshaften Fortschreiten der Naturwissenschaften als Teil gesellschaftlicher und kultureller Kohärenz. Naturwissenschaftliche Erkenntnismethoden und Deutungsmuster ermöglichen eine *rationale Weltsicht*, die zu den großen Leistungen der Menschheit zählt. Vor dem Hintergrund der globalen ökologischen Herausforderung kommt es seit den 70er Jahren in den Naturwissenschaften zu einem Paradigmawandel der Begriffe, der von einem statischen zu einem dynamischen Weltbild führt. Neue Einsichten in Ordnung und Chaos *dynamischer Systeme*⁴⁾ bilden heute eine *transdisziplinäre* Bindeklammer zwischen auseinander driftenden naturwissenschaftlichen Disziplinen.

Biologie als Wissenschaft von den lebenden Systemen

Phänomenologisch und wissenschaftstheoretisch lassen sich lebende und unbelebte Systeme unterscheiden.

Ziel der Biologie ist es, die Phänomene und Gesetzmäßigkeiten lebender Systeme auf verschiedenen *Systemebenen* zu erfassen, vergleichend zu ordnen und rational zu erklären (s. Abb. 1). Lebende Systeme weisen *eigene Invarianzen* (Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten) auf, die sich von Physik und Chemie reduktionistisch nicht beschreiben lassen. Physikalisch-chemische Gesetze sind zwar eine *notwendige* Bedingung des Lebendigen, aber offensichtlich *nicht hinreichend*.

Biowissenschaften basieren auf chemisch-physikalischen Ordnungsprinzipien⁴⁾ und zeigen die Eigengesetzlichkeit der Selbstorganisation lebender Systeme auf. In Ergänzung der organisch-materiellen *Merkmale* des Lebendigen (Stoffwechsel, Fortpflanzung, Reizbarkeit, Beweglichkeit, Wachstum usw.) berücksichtigen die *Prinzipien des Lebendigen* auch psychisch-soziale Aspekte⁵⁾.

In immer stärkerem Maße wird Biologie heute zur Grundlagenwissenschaft biotechnischer Anwendungen, die Biologie zu einer zukunftsorientierten Wissenschaft des kommenden Jahrtausends machen.

Die Frage, ob wir »alles machen dürfen, was wir machen können«, führt dabei zur steten Diskussion *ethischer Bewertungen* biotechnischer Entwicklungen.

Dies setzt vertiefte Einsichten zur Einschätzung der Eingriffe des Menschen in die Biosphäre voraus. Ein anthropologisches *Weltbild* ohne Kenntnis der Prinzipien des Lebens bleibt fragmentarisch und verringert die Viabilität.

Biologie als Brückenfach zwischen Natur- und Geisteswissenschaften

Die Spannweite biologischer Themen reicht von der molekularen Basis (Biochemie, Biophysik) bis zu anthropologischen Fragestellungen (Humanethologie, Psychologie, Ethik). Als inter- und transdisziplinäre Wissenschaft gewinnt Biologie als Brückenfach zwischen »zwei Kulturen«, den Natur- und Geisteswissenschaften, zunehmend an Bedeutung. Rasche Fortschritte in der Neurobiologie rücken die Themen »Seele-Geist-Bewusstsein« in den Bereich der Biowissenschaften. Die Umweltkrise zwingt aus pragmatischen Gründen zur Auseinandersetzung mit biologischen Fragestellungen, die auch philosophische Fragen nach dem »Sinn des Lebendigen« nicht ausklammern.

Biologische Aspekte finden in vielen Disziplinen Eingang. Themenstellungen der Psychologie und Pädagogik sowie gesellschaftswissenschaftliche Fragen sind ohne Einbeziehung biologischer Grundlagen nicht angemessen zu bearbeiten. Evolutionäre und ökologische Ursachen beeinflussen ökonomische Abläufe, historische Prozesse und zukünftige Entwicklungen. Dabei liefern die aktuellen Erkenntnisse keine Rechtfertigung für ein biologistisch verengtes Weltbild, sondern eine Chance zur ganzheitlichen Betrachtung, bei der die wissenschaftshistorische Abgrenzung zwischen Geistes- und Naturwissenschaften überwunden wird. Mathematische, chemische, physikalische, geographische, philosophische, psychologische und soziologische Aspekte sowie empirische und hermeneutische Methoden der Erkenntnisgewinnung sind integrative Bestandteile biologischer Theorienbildung.

1.2 Das Fach Biologie im fachübergreifenden und fächerverbindenden Kontext

Biologie als »Brückenfach zwischen Natur- und Geisteswissenschaften« ist schon vom Ansatz her durch ihre Erkenntnisobjekte und unterschiedlichen Fachmethoden auf **Interdisziplinarität** d.h. fachübergreifende Kooperation mit anderen Fächern, angelegt (vgl. Kap. 1.1).

Zunehmend ist neben interdisziplinären Kontexten auch **Transdisziplinarität** d.h. *fächerverbindendes* Arbeiten erforderlich²⁾. Dies fordert zur Einbeziehung wissenschaftstheoretischer, mathematischer, systemtheoretisch-kybernetischer, algorithmischer und synergetischer Aspekte heraus.

Die im Lehrplan immanent enthaltene *systemtheoretische fächerverbindende Beschreibung* (vgl. Kap. 1.4) liefert eine geeignete Grundlage zur Behandlung fachübergreifender Fragestellungen.

Fachübergreifendes Arbeiten und *fächerverbindendes Lernen* im Biologieunterricht zielen auf

- Anregung und Übung zum *Denken in vernetzten Systemen*,
- Entwicklung und Entfaltung des *Methodenlernens*,
- Förderung der Fähigkeit zu *interdisziplinärer Kommunikation* und
- Verstärkung *transdisziplinärer wissenschaftstheoretischer Kompetenzen*.

Der Lehrplan möchte Lehrerinnen und Lehrer zum fachübergreifenden und fächerverbindenden Arbeiten ermutigen, wo immer dies möglich und sinnvoll ist.

Der Erfolg fachübergreifenden Unterrichts ist unabdingbar an inhaltliche, organisatorische und methodische Voraussetzungen gebunden.

Fachübergreifendes Arbeiten ist in vielen Organisations- und Unterrichtsformen möglich. Es kann innerhalb des Biologieunterrichts stattfinden oder in Zusammenarbeit mit anderen Fächern (im Einzelnen vgl. Kap. 7).

Bei den Inhaltsfragen geht es einerseits um grundlegendes und aktuelles fachspezifisches Wissen als Fundamentum auch für andere Fächer, andererseits um fachübergreifendes und fächerverbindendes Lernen, das über viele Anwendungssituationen hinweg gültig und damit für die Zukunft offen ist.

Der Lehrplan bietet eine erweiterbare Liste fachübergreifender und fächerverbindender Unterrichtseinheiten im Rahmen der *Wahlpflichtbausteine* an (s. Kap. 4 -7) und enthält eine Materialsammlung fachübergreifender und fächerverbindender Unterrichtsbeispiele (s. Kap. 7.6).

1.3 Fachspezifisch allgemeine Ziele

Zu den »sprachlichen« und »mathematischen Kompetenzen« der Allgemeinbildung in der gymnasialen Oberstufe (vgl. KMK 1995 und 1997) treten im Biologieunterricht weitere Kompetenzen: »Sach-, Lern-, Denk-, Gesundheits-, Umwelt-, Sozial-, Medien- sowie wissenschaftstheoretische, ethische und instrumentelle Kompetenzen«⁷⁾.

Biologie als Fachdisziplin ist heute, weit stärker als Physik und Chemie, in eine Vielzahl von **Biowissenschaften** aufgespalten. Das Spektrum reicht von der Molekularbiologie bis zur Ökologie der Biosphäre, von der Virologie bis zur biologischen Anthropologie, vom Stoffwechsel der Einzeller bis zur Neurobiologie psychischer Prozesse (vgl. Kap. 1.1).

Die Vielzahl der Aspekte erfordert einen flexiblen und offenen Lehrplan, der Ergebnisse und Methoden der Biowissenschaften in Form von **Leitthemen und Bausteinen** ordnet (vgl. Kap. 1.4). Eine wissenschaftstheoretisch begründete Vernetzung der Bausteine liefert die *Systemtheorie*, die »lebende Systeme« in den Mittelpunkt der Leitthemen stellt (Kap. 1.4; S. 16 - 17).

Dabei qualifiziert Biologieunterricht Schülerinnen und Schüler, **lebende Systeme**

- unter dem Aspekt der *Einheit der molekularen Struktur* zu interpretieren,
- unter vereinheitlichenden *ökologischen Konzepten* von *Stoffkreisläufen* und *Energieflüssen* in der Biosphäre zu betrachten,
- in der *Komplementarität* von Umwelt und Innenwelt zu akzeptieren,
- in ihrer *Kommunikation* aus der Sicht des *Informationsflusses* und der *Informationsspeicherung* zu verstehen,
- nicht nur typologisch, sondern auch unter dem Aspekt von *Variabilität* und *Diversität* zu interpretieren,
- unter dem Aspekt des einmaligen, irreversiblen historischen Prozesses der *Evolution* zu analysieren,
- unter dem Aspekt der *Nutzung* für den Menschen und der Beeinflussung durch den Menschen zu sehen (anthropozentrischer Aspekt), aber auch
- unter dem Aspekt der *Loslösung* von menschlichen Interessen und Einflüssen zu beurteilen und zu bewerten (biozentrischer Aspekt).

Vermittlung und Erwerb von *Sach-* und *Methodenkompetenz* basieren auf organisierten, flexibel nutzbaren und vernetzten Schlüsselbegriffen, Gesetzen und Prinzipien des Fachs.

Ein so aufgebautes »intelligentes Wissen« stellt aber erst die Grundlage für entsprechende lebensweltliche *Bewertungen* dar, die von einem positiven Gefühl für die Erhaltung und Entwicklung der Biosphäre getragen werden (»emotionale Intelligenz«).

1.4 Kriterien für die Auswahl der Ziele und Inhalte

Ziele und Inhalte des Biologieunterrichts orientieren sich einerseits an den Teildisziplinen der Fachwissenschaft (»Biowissenschaften«) sowie den biologischen Grundprinzipien, Gesetzen und Theorien und andererseits an den pädagogischen Zielen des Fachs (»intelligentes Wissen« und »emotionale Intelligenz«, vgl. Kap. 1.3).

Biologieunterricht zielt dabei auf Verständnis und Erklärung von Struktur und Funktion, Entstehung, Entwicklung, Veränderung und Erhaltung **lebender Systeme** in ihren Wechselbeziehungen mit der Biosphäre.

Abb. 1 zeigt drei Dimensionen in der Anordnung und kategorialen Beschreibung lebender Systeme:

Die *Spezielle Biologie* folgt den Objektklassen der Taxonomie (Mikrobiologie, Botanik, Zoologie und Humanbiologie bzw. biologischer Anthropologie) und beschreibt die Mannigfaltigkeit biologischer Systeme (Biodiversität).

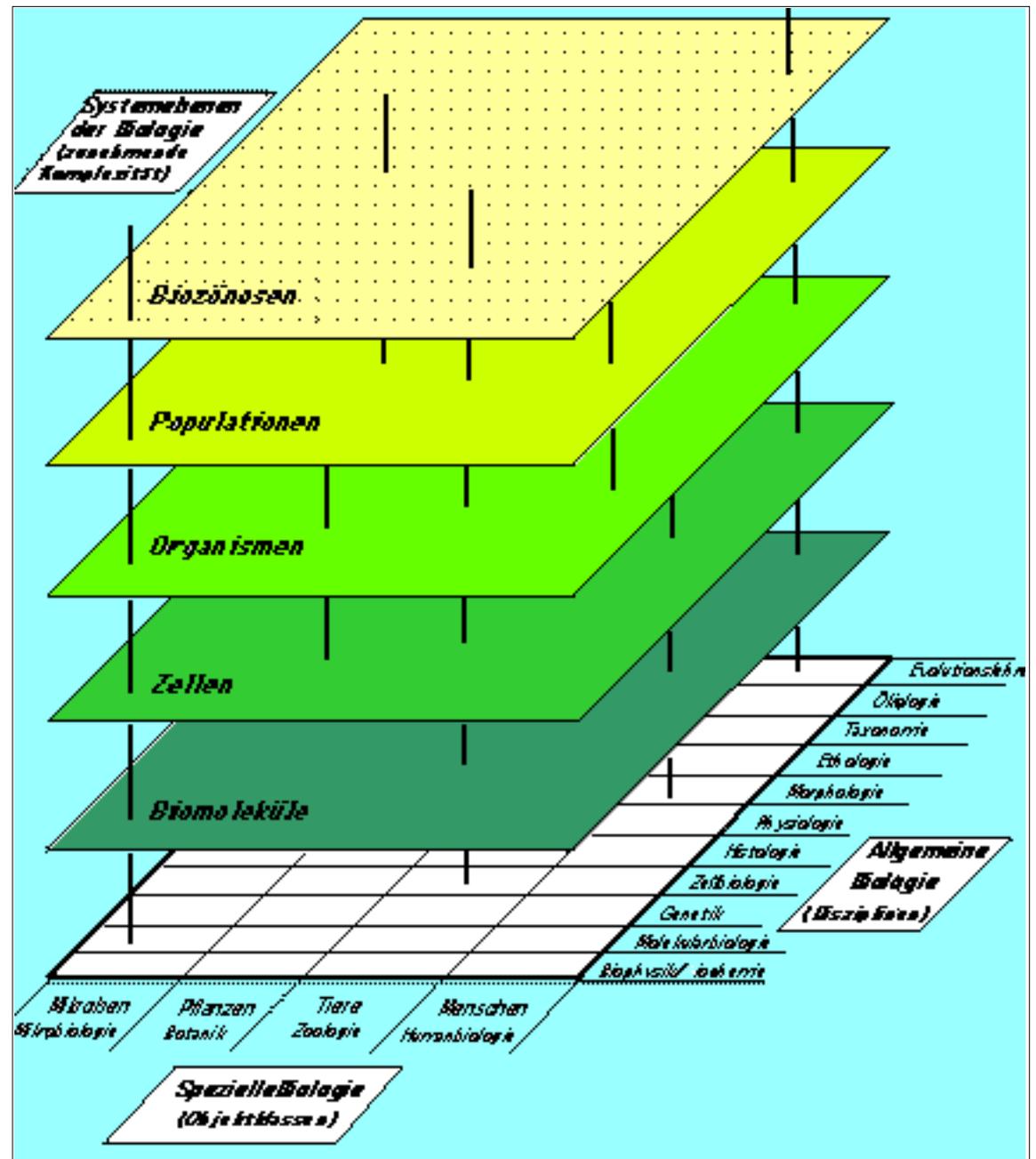
Die *Allgemeine Biologie* zerfällt in eine Vielzahl von Spezialdisziplinen, die heute als »Biowissenschaften« bezeichnet werden und annähernd den Instituten und Hauptvorlesungen der Universitäten entsprechen.

Spezielle und Allgemeine Biologie stecken das weite Beschreibungsfeld der klassischen Biologie ab und liefern traditionell das Grundgerüst der Lehrpläne in der Oberstufe. Seit den 70er Jahren tendieren Naturwissenschaften verstärkt zu fachübergreifenden (interdisziplinären) und fächerverbindenden (transdisziplinären) Aspekten der zersplitterten Einzeldisziplinen (vgl. Kap. 1.1 und 1.2). Eine formale Bindeklammer unterschiedlicher Systeme der Naturwissenschaften einschließlich der Biologie liefert die *Systemtheorie*, die sich zu einer »Theorie komplexer Systeme« entwickelt¹⁾.

Die *Theoretische Biologie* als dritte Dimension bei der Beschreibung der Lebewesen ergibt sich aus dem hierarchischen Aufbau lebender Systeme aus Organisationsstufen bzw. Systemebenen wachsender *Komplexität* (s. Abb. 1). Der Aufbau spiegelt gleichzeitig auch Grundzüge der Evolution wider. Die ungeheure Vielfalt der Lebensformen auf allen Systemebenen (Biodiversität) einerseits und die Prinzipien des Lebens (Gleichheit) andererseits können auf der Grundlage der vereinheitlichenden Theorie der Evolution verstanden werden.

System- und Evolutionstheorie bilden zusammen das Gerüst der Theoretischen Biologie. Jede Ebene biologischer Organisation besteht aus einem dynamischen Netzwerk einer Vielzahl von Elementen, das unter offenen Bedingungen biologische Raum- und Zeitstrukturen auf der Ebene der Moleküle, Zellen, Organismen, Populationen und Biozönosen zur Folge hat. Weitere Ebenen, z.B. supramolekulare Einheiten, Gewebe, Organsysteme, Ökosysteme u.a., können

Abb. 1: Allgemeine, Spezielle und Theoretische Biologie



leicht in das Schema eingefügt werden.

Wichtiges Grundprinzip dieser Betrachtungsweise ist, dass grundlegende Strukturen und Funktionen der Systeme auf verschiedenen Ebenen untereinander **selbstähnlich** sind, d.h. Prinzipien und Gesetze der »Selbstordnung« der anorganischen Welt und Lebensprinzipien der »Selbstorganisation« wiederholen sich in der komplexen Hierarchie des Lebendigen in unterschiedlichem Maßstab. So ergibt sich jede Organisationsstufe des Lebens aus den Wechselwirkungen von Elementen der darunter liegenden Ebene. Jede Systemebene kann dadurch zum »Modell« der anderen werden; ein Modell kann hier als Abbild eines Systems in einer anderen Organisationsstufe verstanden werden⁵⁾.

Fachübergreifende Theorien zur *Selbstordnung* der unbelebten Natur (Synergetik, Chaostheorie, Fraktale Geometrie u.a.) und *Selbstorganisation* des Lebendigen (molekulare Evolution, Autopoiese u.a.) verbinden die verschiedenen Organisationsstufen zu dem Gesamtkonzept der *Evolution*⁴⁻⁶⁾.

Gliederung der Biowissenschaften in Leitthemen

Der modulare Lehrplan spiegelt die Vielfalt der Biowissenschaften durch **sechs Leitthemen** (s. Übersicht S. 18-19) wider, die nicht nur der Fachsystematik folgen, sondern vor allem *didaktischen*, *fachübergreifenden* und *lernpsychologischen* Aspekten entsprechen.

Die **Auswahl der Leitthemen** erfolgt dabei so, dass ein hohes Maß an fachwissenschaftlichen Einsichten in die Struktur und Funktion lebender Systeme im *Rahmen der Theoretischen Biologie* (s.o) vermittelt werden kann, bei *gleichzeitiger Vernetzung* mit schüler- und gesellschaftsorientierten Interessen- und Problemfeldern:

- Das Konzept »**lebende Systeme**« in den Leitthemen weist darauf hin, dass biologische Prinzipien, Regeln und Gesetzmäßigkeiten von *verschiedenen Systemstufen* des Lebens (z.B. Zellen, Organismen, Populationen, Biozönosen, Ökosysteme, Biosphäre) ausgehend erarbeitet werden können (vgl. die Verbindungen zwischen den Systemebenen in Abb. 1)⁸⁾. Damit wird gleichzeitig eine zu starke Konzentration auf nur eine Organisationsstufe vermieden, die einseitig Biologie nur als Molekularbiologie, Humanbiologie oder Ökologie interpretiert.
- Der **systemtheoretische Kontext** der Leitthemen trägt dem lernpsychologischen Ansatz zu einem vernetzten, fachübergreifenden und fächerverbindenden Denken in besonderer Weise Rechnung: inter- und transdisziplinäres Denken in dynamischen Systemen²⁾ erleichtern den *Transfer* struktureller und funktioneller Gesetze und Prinzipien lebender Systeme auf andere *komplexe Systeme* der Technik, Natur- und Geisteswissenschaften^{1) und 6)}.

- Der **Praxisbezug** der Leitthemen verdeutlicht die *Sinnhaftigkeit der Erkenntnisgewinnung* durch den Zusammenhang zwischen Erlerntem und der Wirklichkeit. Systeme der Biosphäre werden zu Modellen komplexer Systeme. Die Analyse lebender Systeme in der Natur liefert einerseits vereinheitlichendes Grundlagenwissen zum Verständnis komplexer Systeme, andererseits auch Beurteilungskriterien für den verantwortlichen Umgang mit ihnen in der Bio- und Technosphäre.

Die Leitthemen sind nicht isoliert voneinander und können in den verschiedenen Jahrgangsstufen vernetzt und kombiniert werden. Die Abfolge der Themen ist *keine* verbindliche Vorgabe, sondern stellt *eine* mögliche Anordnung vor, die sich am früheren Lehrplan orientiert.

Die Leitthemen sind weder an Kursjahre noch an Kurshalbjahre gebunden und können über die Grenzen der Schuljahreseinteilung (Halbjahre, Jahre, Ferien) weitergeführt werden. Ab Jahrgangsstufe 11 kann *jedes* Leitthema mit den zugeordneten *Bausteinen* (s.u.) zur Strukturierung von Unterricht verwendet werden. Das Leitthema 6 »Entstehung & Veränderung biologischer Systeme« kann - nach Absprache in den Fachkonferenzen - z.B. als Einführungsthema in der Jahrgangsstufe 11 ausgewählt werden.

Bei der Entscheidung über eine Abfolge der Leitthemen ist jedoch zu berücksichtigen, dass nur Themen der Qualifikationsphase im schriftlichen Abitur geprüft werden dürfen.

Untergliederung der Leitthemen in Bausteine

Die systemtheoretische Orientierung der Oberstufenbiologie nach Leitthemen stellt selbst noch keine Kriterien zur *Auswahl* der einzelnen *Inhalte* zur Verfügung.

Das modulare Konzept der Leitthemen liefert nur den theoretischen, organisatorischen und denkökonomischen Rahmen für eine offene **Bausteinkonzeption**, die von der Lerngruppe unter Anleitung der Lehrenden eigenverantwortlich strukturiert wird (vgl. Kap. 1.5 und Kap. 2).

Pflichtbausteine enthalten die für alle Lernenden *verbindlichen Grundkenntnisse* und *Grundmethoden* des Faches, orientieren sich an den Anforderungen der Einheitlichen Prüfungsanforderungen für das Abitur (EPA) und sichern ein vergleichbares Fundamentum für alle Schulen (s. Kap. 2).

Wahlpflichtbausteine bieten darüber hinaus ein breites Spektrum von Auswahlmöglichkeiten, geben Anregungen für die Gestaltung des *Freiraums* und unterstützen die Lehrkraft bei der Planung interdisziplinärer Projekte (s. Kap. 2).

Die *Bausteine* des Lehrplans beinhalten einerseits bewährte »*Schlüsselbegriffe*« der Fachdisziplin Biologie aus den Gebieten der »Allgemeinen, Speziellen und Theoretischen Biologie« mit einer mittleren Erschließungsmächtigkeit (s. Abb. 1 und 2). Andererseits bilden »*Schlüsselprobleme*« der gegenwärtigen und zukünftigen Gesellschaft ein wichtiges Auswahlkriterium.

Viele Wahlpflichtbausteine tragen den Fortschritten in den Biowissenschaften Rechnung oder eignen sich für *fächerverbindendes* und *fachübergreifendes Lernen*. Bei interdisziplinären Projekten und fachübergreifendem Unterricht können die Wahlpflichtbausteine aller Leitthemen flexibel in den Jahrgangsstufen benutzt werden. Aus aktuellen Anlässen regionaler, globaler oder wissenschaftlicher Art können Lerngruppen auch eigene Bausteine bilden (vg. Kap. 2 und 7.6).

In den letzten Jahrzehnten wird zunehmend bewusst, dass der Mensch Biologie um seiner selbst willen treibt, auch dort, wo er sich mit Mikroorganismen oder Makromolekülen beschäftigt.

Lebensweltlich orientierte Sinnfragen bilden den pädagogischen Rahmen für *humanbiologische, anwendungsbezogene Bausteine*. Damit werden die Lernenden befähigt, die Bedeutung wissenschaftlicher Ergebnisse für die Sicherung der menschlichen Existenz und der Biosphäre einzuschätzen, als Voraussetzung

- für *gentechnische, biomedizinische, molekularbiologische, neurobiologische* und *ökologische* Fortschritte,
- für *Bewertungsansätze* im Rahmen ethischer Prinzipien,
- für *eine sachbezogene, kritikoffene Diskussion* technologischer Entwicklungen,
- für *innovative Impulse* im Rahmen eigener wissenschaftspropädeutischer Studien,
- für *gesellschaftspolitische Dimensionen* der Fachwissenschaft durch eine erweiterte Sach- und Methodenkompetenz als Grundlage
- für *verantwortungsbewusstes, viables Handeln* in der Gesellschaft.

Überblick über die Leitthemen im Grund- und Leistungsfach Biologie der gymnasialen Oberstufe (Jahrgangsstufen 11 bis 13)

Die folgende Doppelseite ist auch als Informationsblatt
für 10. Klassen verwendbar.

Leitthemen für die Jahrgangsstufen 11-13

1. Struktur & Funktion lebender Systeme

Struktur (auch Bau, Form, Gestalt) und Funktion sind *komplementäre Aspekte* von Organismen, aber auch von anderen komplexen Systemen der natürlichen und gebauten Welt. Die Form oder Gestalt eines Systems ist meistens unmittelbar mit Prozessen und Aufgaben verbunden. Die systemtheoretische Analyse vermittelt ein Verständnis von Struktur und Funktion auf verschiedenen Ebenen biologischer Organisation und erklärt die Form von ihrer Funktion her und umgekehrt.

2. Stoffwechsel & Energiefluss lebender Systeme

Komplexe Systeme tendieren zu ungeordneten Zuständen. Lebende Systeme benötigen daher eine dauernde *Energieaufnahme*, um ihre Struktur und Funktion zu erhalten. Aufnahme, Speicherung, Umwandlung und Entwertung von Energie sind mit Stoffwechsel verbunden, der von der molekularen bis zur ökologischen Ebene die Lebensprozesse trägt. Das vereinheitlichende Konzept von *Materiekreislauf* und *Energiefluss* bildet gleichzeitig die Basis für ein ökonomisch-technisches Verständnis der heutigen Zivilisation.

3. Umwelt & Innenwelt lebender Systeme

Lebewesen können theoretisch zu Populationen unbegrenzter Größe wachsen, aber die Umweltressourcen sind endlich. Die fundamentale Spannung zwischen Umwelt-Angeboten und Innenwelt-Bedürfnissen wirkt sich auf die Interaktionen zwischen Organismen aus, die in Ökosystemen um Raum, Energie u.Ä. konkurrieren, aber auch kooperieren. Die heutigen Umweltprobleme erweisen sich im Kern als ungelöste Innenweltkonflikte der Menschheit: Überpopulation und Konsumverhalten stellen die *Selbstregulation der Biosphäre* in Frage. Einsicht in die Vernetzung aller lebender Systeme mit der Umwelt ist die Grundlage für eine Überlebensstrategie auf unserem Planeten.

Leitthemen für die Jahrgangsstufen 11-13

4. Information & Kommunikation bei lebenden Systemen

Mit Stoff und Energie tauschen Organismen auch Informationen zwischen Innenwelt und Umwelt aus und kommunizieren mit Artgenossen. Fragen der Codierung biologischer Information, der *Biokommunikation* auf allen Ebenen des Lebens, sind Thema von Neurobiologie, Hormonphysiologie und Ethologie. Die *Humanethologie* legt darüber hinaus anthropologische Grundlagen eines biologisch fundierten Verständnisses subjektiver menschlicher Bedürfnisse im Rahmen ökologischer und gesellschaftlicher Prozesse.

5. Vererbung & Selbstorganisation lebender Systeme

Lebewesen besitzen im Unterschied zu allen anderen komplexen Systemen ihr eigenes, über Millionen Jahre optimiertes genetisches Programm. Zentrales Konzept der Biologie ist die *genetische Kontinuität* biologischer Systeme, der »Fluss der Erbinformation«, der durch individuelle Selbstorganisation organismische Gestalt annimmt. Komplementär zur Erhaltung der genetischen Information ermöglicht die *genetische Diskontinuität* (Mutation) in Wechselwirkung mit der Umwelt die modellhafte Interpretation der natürlichen Evolution, in die der Mensch durch *Bio-* und *Gentechnik* manipulierend eingreift.

6. Entstehung & Veränderung lebender Systeme

Die Evolutionstheorie erklärt einerseits die durchgängige Stabilität struktureller und funktioneller Systemeigenschaften des Lebendigen, andererseits auch die hohe Diversität der Lebensformen auf allen Organisationsebenen. Besonders dringend stellt sich die Frage nach der Entstehung von Leben und den Lebensprinzipien heute, wo der Mensch beginnt, Genotypen zu verändern. Basiswissen über Evolution und ihre genetischen Grundlagen qualifiziert zur kritischen Beurteilung technischer Eingriffe des Menschen in die Biosphäre.

1.5 Hinweise zu Unterrichtsmethoden und zur Unterrichtsorganisation

Lehren *und* Lernen stehen in einem komplementären Verhältnis. Lernen ist im Wesentlichen ein eigenaktiver Prozess des *Lernenden*, aber auch eine vom *Lehrenden* gesteuerte Wissens- und Fähigkeitserweiterung. *Lernen* wird als Veränderung individueller Kompetenz durch Erwerb von inhaltlichem und methodischem Wissen im Rahmen sozialer Erfahrungen und kritischer Selbstreflexion angesehen. Unterricht hat die Aufgabe, die individuellen Lernpotentiale der Lernenden zu erkennen, zu entfalten und zu fördern. *Lehren* im Biologieunterricht bedeutet somit, geeignete Lernumgebungen zu schaffen, welche Eigentätigkeiten der Lerngruppe ermöglichen und anregen.

Der modulare Lehrplan liefert **Bausteine** als Rohmaterial zur Strukturierung von Unterricht. Erst durch *Strukturierung* erhalten die fachorientierten Ziele und Themen der Pflicht- und Wahlpflichtbausteine eine schuladäquate *pädagogische* und *didaktische* Dimension: Strukturierung und Formulierung von Feinlernzielen bleiben Aufgaben der Lerngruppe, der Lehrenden *und* der Lernenden (Kap. 2; vgl. auch Hinweise zur Strukturierung¹⁰).

Der für die Biologie typische Wechsel zwischen phänomenologisch-experimentellen und theoretisch-modellhaften Ansätzen bietet im Biologieunterricht eine breite Palette von *Unterrichts-* und *Sozialformen*. Die personale Lebensgestaltung, das Studium und der Einstieg in die Arbeitswelt fordern in zunehmendem Maße Vermittlung und Übung folgender Fähigkeiten:

- selbstständige Bildung und permanente Weiterbildung,
- zügige Einarbeitung in neue, fachfremde Gebiete,
- systematisches Problemlösen,
- kooperatives Arbeiten im Team (Sozialkompetenz),
- zukunftsorientiertes Denken und Handeln.

Die Beschäftigung mit lebenden Systemen verlangt dabei vor allem eine angemessene Einstellung zum Lebendigen, die einen behutsamen Umgang mit Lebewesen in besonderem Maße fördert. So kann Biologieunterricht »Kopf, Herz und Hand« der Schülerinnen und Schüler ansprechen und ihnen Gelegenheit geben,

- sich mit biologischen *Inhalten* angemessen auseinander zu setzen (Sachkompetenz) und in der Auseinandersetzung mit biologischen Problemen *Fachmethoden* zu erlernen (Methodenkompetenz),
- sich tragfähige *Arbeits-* und effektive *Lernkompetenzen* anzueignen,
- *fachübergreifende* und *fächerverbindende Bezüge* biologischen Wissens herzustellen und vor allem,
- einen *pflegerisch-erhaltenden* und *verantwortlichen* Umgang mit Lebewesen zu üben.

2. Hinweise zur Handhabung des Lehrplans

Intention des Lehrplans

Der Lehrplan will die Lehrenden in der eigenverantwortlichen Gestaltung des Unterrichts unterstützen. Er ist didaktisch-methodisch offen.

Grundstruktur des Lehrplans

Der Lehrplan enthält Pläne für das Grund- und Leistungsfach der Jahrgangsstufen 11 bis 13. Der Lehrplan ist nach dem Prinzip eines modularen *Baukastens* strukturiert und ermöglicht durch zeitlich kompatible Bausteine vielfältige Kombinationen von Zielen, Inhalten, Methoden und Unterrichtsformen insbesondere bei fachübergreifendem Unterricht (vgl. Kap. 1.4 und 1.5).

Die grau unterlegten *Pflichtbausteine* umfassen im Wesentlichen Orientierungs- und Erweiterungswissen sowie Grundmethoden gemäß den Anforderungen der Einheitlichen Prüfungsanforderungen für das Abitur (EPA).

Die *Wahlpflichtbausteine* enthalten überwiegend Erweiterungs- und Vertiefungswissen, Vorschläge zu Projekten, zu fachübergreifendem Unterricht, zu Praktika sowie Einblicke in neue Fachgebiete. Die Konzeption eigener Wahlpflichtbausteine, z.B. aus aktuellem Anlass, im Rahmen der Freiräume ist möglich, sie sollte aber mit der Fachkonferenz abgesprochen werden.

Äußere Form der Bausteine

Alle Bausteine sind nach folgendem Muster aufgebaut:

Ziele und Inhalte	Hinweise / Stundenansätze
Sach- und Methodenkompetenz	
Thema des Bausteins	didaktisch-methodische Hinweise 5
Formulierung der Zielrichtung mit einer Angabe über die Intensität der unterrichtlichen Behandlung <i>Mit Spiegelstrichen :</i> - Inhalte/Themen (Sachkompetenz) - Arbeitsweisen (Methodenkompetenz)	Angaben und Vorschläge - zur Unterrichtsgestaltung - zu Unterrichtsmedien - zu Unterrichtsformen - zur Sozialkompetenz Hinweise zu anderen Bausteinen

Die Orientierungsleiste über den Bausteinen jeder Seite gliedert die Bausteine in zwei Spalten: *Ziele und Inhalte* der linken Spalte sind verpflichtend. Die rechte Spalte enthält unverbindliche *Hinweise* auf den *Vernetzungsgrad* des Wissens

(s.u.), zeigt *didaktisch-methodische Schwerpunkte* auf und schlägt zeitliche *Richtwerte* zur Verwendung des Bausteins im Rahmen der Strukturierung.

Die gegenwärtige Dynamik der biologischen Wissenschaften und der gestiegene Wissenszuwachs erfordern didaktische Konzepte zur Vermittlung von fachübergreifendem, *vernetztem* Vertiefungswissen.

Nach dem Grad der **Vernetzung des Wissens** werden unterschieden:

- *Orientierungswissen* (Grundkenntnisse und einfache Zusammenhänge),
- *Erweiterungswissen* (vernetztes Orientierungswissen),
- *Vertiefungswissen* (inter- und transdisziplinäre Vernetzung fachspezifischen Wissens).

Als **methodische Schwerpunkte** werden gleichrangig unterschieden:

Praktikum, Methodenlernen, Modellbildung, Projekt, fachübergreifendes Projekt.

Zeitansatz von Pflicht- und Wahlpflichtbausteinen

Von der zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit sind ca. 60% für die Erfüllung der verpflichtenden Inhalte (Ziele und Themen der Pflichtbausteine sowie einer bestimmten Anzahl an Wahlpflichtbausteinen) vorgesehen. Die restlichen 40% verbleiben für individuell gestaltbare Freiräume abzüglich der schulbedingten Unterrichtsausfälle und der Unterrichtszeit für Leistungsmessungen.

Zugunsten einer übersichtlichen Planung und Strukturierung werden den Bausteinen *unverbindliche Zeitrichtwerte* zugeordnet, die eine bzw. zwei Wochen umfassen. Diese Richtwerte stellen zeitliche Orientierungshilfen für die Unterrichtsplanung dar und verdeutlichen Tiefe und Umfang der unterrichtlichen Behandlung.

Pflichtbausteine im **Grundfach** umfassen je sechs Unterrichtsstunden, Wahlpflichtbausteine je drei Unterrichtsstunden. Im **Leistungsfach** sind Pflichtbausteine mit zehn und Wahlpflichtbausteine mit fünf Unterrichtsstunden ausgewiesen. Die Zahl der *Bausteine* im Grund- und Leistungsfach ist gleich, die Zahl der *Stunden* unterschiedlich.

Die genaue Zuordnung der Anzahl der verpflichtend zu unterrichtenden Pflicht- und Wahlpflichtbausteine zu den sechs Leitthemen zeigt Abbildung 2. Zwei Wahlpflichtbausteine sind zur *Schwerpunktsetzung* *zusätzlich* einem oder zwei Leitthemen zuzuordnen (vgl. Abb. 2).

Durch geschickte Verzahnung, Kombination und Integration der Bausteine sowie durch die Ausnutzung des Freiraumes kann Zeit zur Vertiefung gewonnen bzw. durch Straffung mancher Bausteinthemen auch eingespart werden. Die Angabe der Zahl von Bausteinen und von Zeitrichtwerten soll jedoch verhindern, dass einzelne Themen auf Kosten der thematischen Vielfalt zu stark ausgeweitet werden.

Abb. 2: Leitthemen, Bausteinanzahl und Stundenansatz der Jahrgangsstufen 11 - 13		Anzahl der Bausteine	
		Pflicht	Wahlpflicht
1. Struktur & Funktion lebender Systeme			
Systemstufen: Moleküle, Zellen, Organismen, Biozönosen		2	2
Molekulare Grundlagen und Bioenergetik		2	
2. Stoffwechsel & Energiefluss lebender Systeme			
Energieliefernde Prozesse bei Atmung und Gärung		2	2
Photosynthese - Grundlage der Biosphäre		2	
3. Umwelt & Innenwelt lebender Systeme			
Struktur und Funktion von Ökosystemen		2	2
Integration des Menschen in die Biosphäre		2	
4. Information & Kommunikation bei lebenden Systemen			
Sinne, Muskeln, Nerven und Hormone		2	2
Verhalten bei Tier und Mensch		2	
5. Vererbung & Selbstorganisation lebender Systeme			
Cytogenetik und Entwicklungsphysiologie		2	2
Molekulare Genetik und Gentechnologie		2	
6. Entstehung & Veränderung lebender Systeme			
Theorien zur Evolution, Phylogenese und Biodiversität		2	2
Anthropologie, Evolutionsökologie		2	
Freie Zuordnung (auch eigener Bausteinthemen)			2
Grund- und Leistungsfach: Zahl der Bausteine		24	14
Grundfach:	Stunden	144	42
Gesamtzahl der Stunden *)		186	
Leistungsfach:	Stunden	240	70
Gesamtzahl der Stunden *)		310	

*) ca. 60 % der zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit

Bei Einhaltung der Zeitrichtwerte - und ohne Unterrichtsausfall - kann die Zahl der Wahlpflichtbausteine im Rahmen des zur Verfügung stehenden *Freiraums* verdoppelt werden, wobei dann immer noch ca. 25% der Unterrichtszeit zur Leistungsmessung und für fachübergreifende Projekte zur Verfügung stehen.

Strukturierung als Verbindung von Themen, Inhalten und Kompetenzen

Durch *Strukturierung* erhalten die fachorientierten Ziele und Themen der Pflicht- und Wahlpflichtbausteine des Lehrplans eine schuladäquate *pädagogische* und *didaktische* Dimension (Sach-, Methoden- und Sozialkompetenz)⁷⁾.

Unter »Strukturierung« wird hier das pädagogisch begründete Gefüge zwischen den Bausteinen des Lehrplans in einer Lernumgebung verstanden. Randbedingungen des didaktischen Prozesses sind situative Voraussetzungen der Lerngruppe und räumlich-zeitliche Möglichkeiten der Schule.

Der eigenverantwortliche Gestaltungsraum der Lerngruppe unter Anleitung der Lehrkraft umfasst die *Auswahl* der Wahlpflichtbausteine, ihre *Kombination* mit den Pflichtbausteinen und die *Anordnung* der Bausteine zu Unterrichtsreihen innerhalb der Kursjahre.

Eine bloße Aneinanderreihung von Bausteinen reicht nicht aus. Das verpflichtet zu einer längerfristigen Planung des Unterrichts, gegebenenfalls zu Absprachen mit Parallelkursen und einer Abstimmung in der Fachkonferenz. Es können Bausteine so kombiniert und integriert werden, dass vielfältige didaktische Strukturierungen möglich sind.

Beispiele zur strukturierten Anordnung von Pflicht- und Wahlpflichtbausteinen sind in Form von *Diagrammen* in Kapitel 6 beigefügt, wobei der Freiraum bei ungekürztem Unterricht ausgeschöpft wird.

Vorschläge zur Strukturierung liegen bereits in einer ausführlichen Handreichung zum bisherigen Lehrplan vor (KULTUSMINISTERIUM 1985). Weitere Hinweise finden sich in den Anmerkungen⁹⁾.

3. Übersicht über die Themen in den Jahrgangsstufen 11-13

Steht in der Sekundarstufe I die Mannigfaltigkeit der biologischen Formen (Biodiversität) im Vordergrund, so sucht die Oberstufenbiologie nach Grundphänomenen des Lebendigen, die in *Struktur* und *Funktion* allen Lebewesen gemeinsam sind. Dabei kommt es darauf an, *allgemeinbiologische Prinzipien* und *Gesetze* lebender Systeme vom Einzelfall ausgehend abstrahierend zu erfassen (vgl. Kap. 2).

In dynamischer Sicht ist das Leben kein Zustand, sondern ein ständiger Prozess: »Die Formen des Lebendigen sind nicht, sie geschehen« (L.v. BERTALANFFY). Es hängt von der jeweiligen Systemzeit und Beobachterzeit ab, ob ein biologisches Objekt als in einem *statischen Zustand* befindliches oder als *dynamischer Prozess* wahrgenommen wird.

Im Fließgleichgewicht befindliche Systeme lassen sich als ständiger Strom von *Materie*, *Energie* und *Information* innerhalb des Systems und zwischen der Innenwelt des Systems und seiner Umwelt auffassen. Alle beobachteten Strukturen erscheinen letztlich als Momentaufnahme eines dynamischen Prozesses.

Aus *zeitlicher Sicht* lassen sich biologische Prozesse untergliedern in

**Prozesse, die in der Zeit invariabel sind: Strukturen,
Prozesse, die sich in der Zeit wiederholen: Funktionen,
Prozesse, die in der Zeit progressiv sind: Entwicklung.**

In den Leitthemen 1 (cytologische, molekulare und bioenergetische Grundlagen) und 2 (Stoffwechsel) liegt der Schwerpunkt auf invariablen und sich wiederholenden Prozessen *innerhalb* biologischer Systeme. Die Leitthemen 3 (Ökologie) und 4 (Biokommunikation) konzentrieren sich auf invariable bzw. sich wiederholende Austauschprozesse *zwischen* Systemen und ihrer globalen Umwelt. Die Leitthemen 5 (Genetik, Entwicklungsphysiologie) und 6 (Evolution) zielen auf *progressive Prozesse* bei der Entwicklung und Veränderung von Information und Kommunikation biologischer Systeme.

Die Leitthemen und ihre Bausteine lassen sich einerseits nach aufsteigender Komplexität der Strukturen, den »Systemstufen des Lebendigen«, und andererseits nach vereinheitlichenden Konzepten und Prinzipien von »Materiekreislauf und Energiefluss, Information und Kommunikation« anordnen. Das bedeutet jedoch nicht, dass die Themen in dieser Reihenfolge behandelt werden müssen. Auswahl und Reihenfolge der Themen erfolgen erst durch die *Strukturierung* (vgl. Kap. 2) und unter Berücksichtigung von *fachübergreifendem, projektorientiertem Arbeiten* (vgl. Kap. 7). Neben einer mehr systematischen Strukturierung - vom Einfachen zum Komplexen - sind evolutive, ökologische, humanbiologische, biotechnische u.a. Konzeptionen durchführbar. Beispiele für alternative Strukturierungen folgen im Anschluss an die Bausteine des Lehrplans in

Kap. 6. Technische Entwicklungen in den Unterrichtsmethoden und Medien, z.B. die Verwendung des Computers zur Veranschaulichung, Messdatenerfassung, Modellbildung, Simulation komplexer Systeme und zur Telekommunikation, erweitern das Spektrum unterrichtlicher Aktivitäten, führen den ITG-Unterricht der Sekundarstufe I fort und vermitteln zunehmende *Medienkompetenz*⁷⁾.

Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Grund- und Leistungsfach

Die grundlegenden *Leitthemen* der Biologie sind im Grund- und Leistungsfach gleich. Das flexible *Bausteinsystem* des modularen Lehrplans ermöglicht, bei gleichen Themen der Bausteine, völlig unterschiedliche Strukturierungen im Leistungs- und Grundkurs.

Die entscheidende Differenzierung zwischen Grund- und Leistungsfach liegt in den *Lernzielformulierungen* und in der Auswahl der *Lerninhalte*. Die Lernzielformulierungen der Bausteine unterscheiden sich in der *Eindringtiefe* bei fachspezifischen Detailfragen, wobei der *Vernetzungsgrad* des erworbenen Wissens in beiden Kursarten vorrangig ist.

Die im Vergleich zum Leistungsfach geringere Stundenzahl des Grundfaches bedingt vorwiegend eine Beschränkung auf die Vermittlung von *Orientierungswissen* gegenüber dem *Vertiefungswissen* sowie die Betonung grundlegender Einsichten und Fähigkeiten. Daraus ergibt sich eine geringere fachwissenschaftliche Orientierung zugunsten einer stärkeren Anwendungsbezogenheit.

Methodische Unterschiede liegen in den Beschreibungsformen. Im Grundfach reicht in vielen Fällen die orientierende *qualitative Beobachtung*, während im Leistungsfach die anspruchsvollere *quantitativ-messende Erfassung* und *Datenverarbeitung* hinzukommt. Ähnliche Unterschiede gelten für die *Modellierung* stoffwechselfeldynamischer Prozesse. Im Grundfach werden entsprechende Vereinfachungen der Modelle vorgenommen. Auf praktisch-experimentelle Erarbeitungen wird auch im Grundfach nicht verzichtet.

Bei der *Strukturierung im Grundfach* entwickelt und verantwortet die Lehrkraft unter Berücksichtigung der spezifischen Lernvoraussetzungen eine didaktische Konzeption, die dem **Unterricht im Grundfach** folgendes *Profil* gibt:

- *lebensweltlicher Bezug* vor wissenschaftszentrierter Ausrichtung
- *exemplarisches Vorgehen* vor systematisiertem Überblick
- *Betonung der angewandten Biologie* vor theoretischen Fragestellungen
- *interdisziplinäre* vor disziplinärer Ausrichtung
- *allgemeines Wissen* vor Spezialwissen
- *Orientierungswissen* vor Erweiterungswissen
- *naturwissenschaftliche Integration* vor Fachsystematik
- *sozialer Bezug* vor fachlicher Vertiefung.

Leitthemen und zugeordnete Bausteine im Grund- und Leistungsfach Biologie der gymnasialen Oberstufe (Jahrgangsstufen 11-13)

Die vielfältigen Bausteine können für Planungsgespräche mit dem Kurs dienen und zur Erstellung von Unterrichtssequenzen neu kombiniert werden. Beispiele zur Strukturierung siehe Kapitel 6.

3.1 »Struktur & Funktion lebender Systeme«

Der hierarchische Aufbau lebender Systeme (vgl. Abb. 1) wird vorteilhaft mit einer knappen Einführung in den Systembegriff verbunden. Auf jeder Systemstufe ergibt sich das betrachtete System, z.B. Moleküle, Zellen, Organismen, als ein Zusammenwirken verschiedener oder gleicher Systemelemente zu einem einheitlichen Ganzen. So bestehen Moleküle aus in Wechselwirkung stehenden Atomen, Zellen aus dem Zusammenspiel von Zellorganellen, der Organismus aus Organsystemen, die selbst wieder aus Organen zusammengesetzt sind usf.

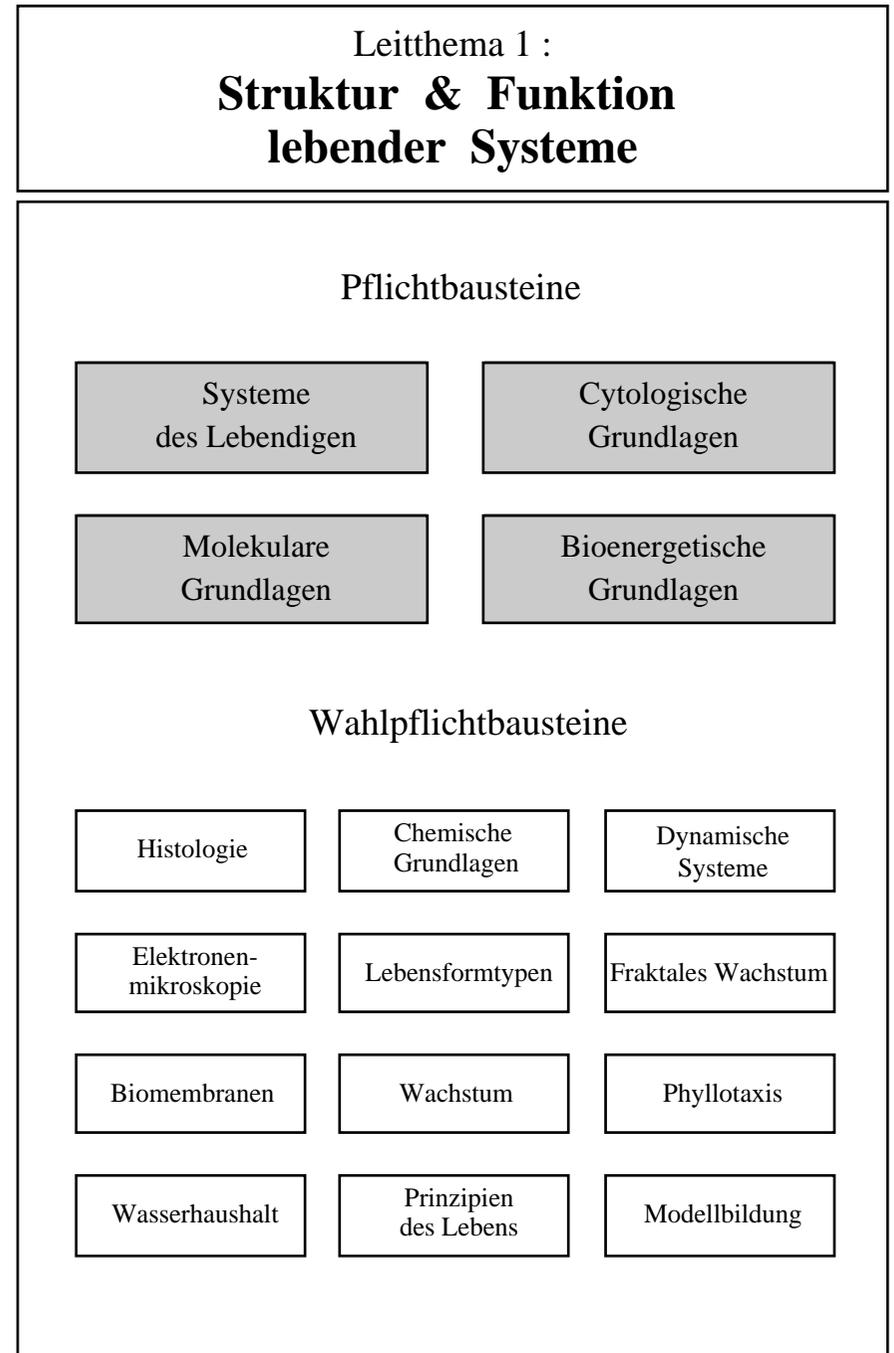
Die Zunahme der Komplexität spiegelt auch Grundzüge der Evolution wider. Das vereinfachte 5-Reich-System nach WHITTAKER fasst die Fülle der Organisationsformen unter cytologischen, ökologischen und trophischen Aspekten zusammen. Die Entstehung eines Produzenten-, Konsumenten- und Destruenten-Typs von den Pro- zu den Eukaryonten und von den ein- zu den vielzelligen Systemen führt zu den großen Reichen der Pflanzen, Tiere und Pilze, deren Vernetzung die Biozönose als evolutives Konzept erkennen lässt.

Ein tieferes Verständnis der Zelle und ihrer submikroskopischen Struktur ergibt sich aus der Biochemie der Makromoleküle, die den weiteren Aufbau supramolekularer Einheiten verständlich macht. Eine isolierte Behandlung der Biochemie sollte vermieden werden. Kriterium biochemischen Wissens ist die Zunahme des Verständnisses für biologische Strukturen und Funktionen.

Bei der Erarbeitung grundlegender Begriffe sollen Beispiele aus unterschiedlichen *Organisations-* bzw. *Systemstufen* herangezogen werden, um einer methodischen Vereinseitigung entgegenzuwirken.

Eine zu ausgedehnte, isolierte Einführung in die Cytologie und Histologie kann durch einen häufigeren Mikroskopeinsatz bei anderen Bausteinen vermieden werden (vgl. die folgenden Leitthemen). Andererseits ist die »Verführung« groß, Biologie nur als Biochemie bzw. molekulare Biologie zu betreiben. Der Lehrplan weist daher Wahlpflichtbausteine aus, die zu verschiedenen Systemebenen des Lebens führen. Bioenergetische Aspekte lassen sich methodisch und didaktisch sinnvoll mit dem Leitthema 2 »Stoffwechsel & Energiefluss lebender Systeme« und Bausteinen des Leitthemas 3 »Umwelt & Innenwelt lebender Systeme« verbinden.

Die rasche Entfaltung der Biowissenschaften vor dem Hintergrund neuerer naturwissenschaftlicher Kenntnisse zur Selbstorganisation dynamischer Systeme und Einsichten in die Energetik offener Systeme erfordern eine Auseinandersetzung mit *inter-* und *transdisziplinären* Konzepten und Begriffen. Die Bausteine »Prinzipien des Lebens«, »Dynamische Systeme«, »Fraktales Wachstum«, »Phyllotaxis« und »Modellbildung« ermöglichen vor allem im fächerverbindenden Unterricht, ausgehend von praktischen Beispielen, eine Hinführung zur Theoretischen Biologie auf der Basis von physikalisch-chemischen Ordnungsprinzipien.



3.2 »Stoffwechsel & Energiefluss lebender Systeme«

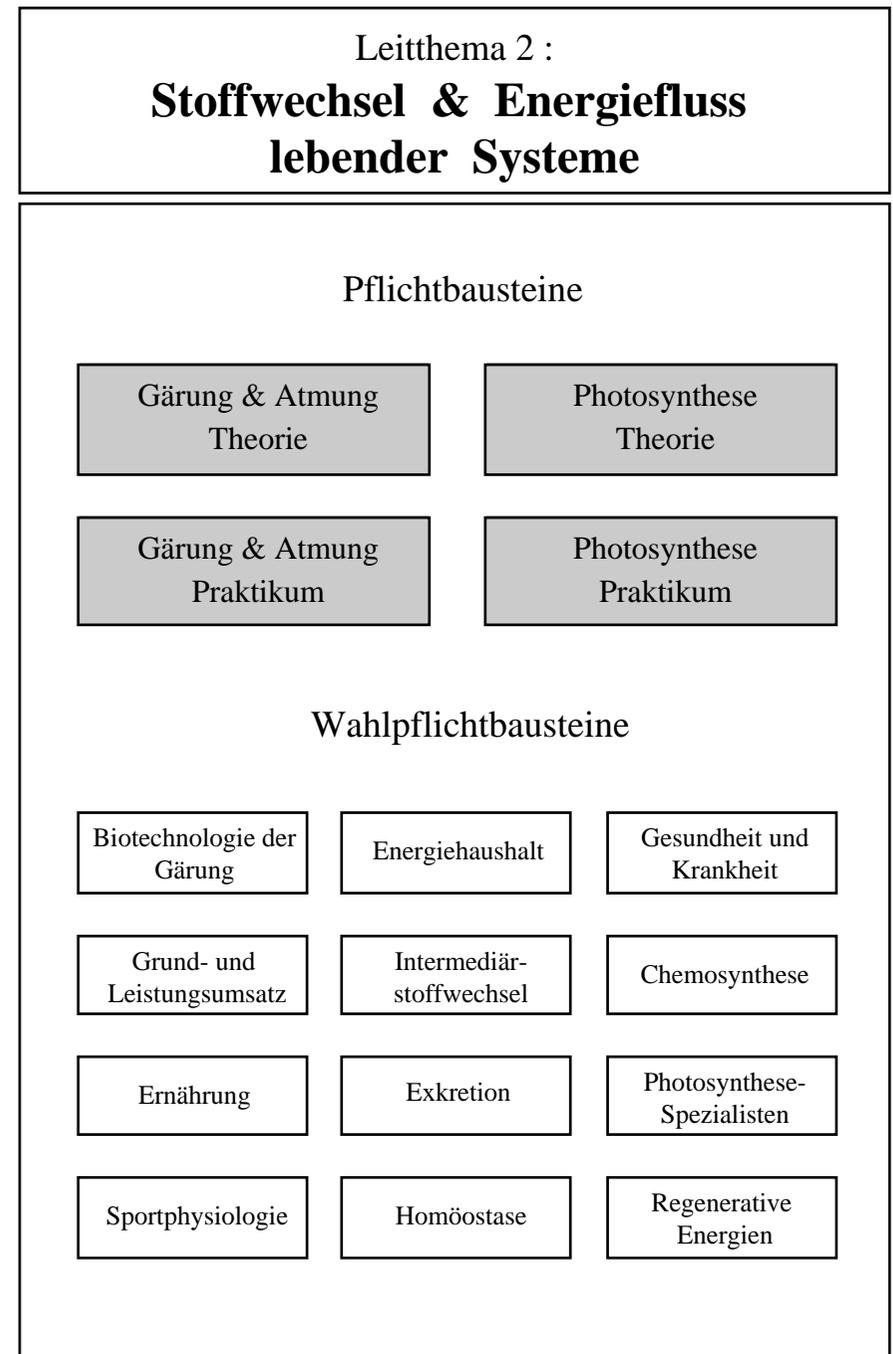
Lebewesen sind energetisch offene, sich selbst organisierende Systeme, die mit der Umwelt *Materie*, *Energie* und *Informationen* austauschen. Ohne ständige, biologisch kontrollierte stoffliche, energetische und kommunikative Wechselwirkungen mit der Umwelt stirbt ein Lebewesen.

Materie tendiert in spontan ablaufenden Prozessen zu ungeordneten Zuständen (2. Hauptsatz der Thermodynamik). Lebende Systeme brauchen daher einen ständigen Energiefluss, um ihre chemisch-physikalische Organisation zu erhalten. Pflanzen transformieren Lichtenergie und fixieren sie in der chemischen Energie kohlenstoffhaltiger (organischer) Moleküle, die als Energiespeicher für alle Organismen dienen.

Grundlegendes Konzept der Photosynthese ist neben dem Aufbau von Makromolekülen aus Kohlendioxid die Speicherung von Wasserstoffatomen am Kohlenstoffgerüst unter Freisetzung von Sauerstoff. Respiratorische Prozesse kehren diesen Vorgang um und setzen die gespeicherte Energie frei. Bei allen Energietransformationen dissipiert ein großer Anteil der Energie und wird als Wärmeenergie entwertet. Entropie ist - vereinfacht - ein Maß für die Entwertung. Die Kopplung energiefreisetzender und energieerfordernder Prozesse im Intermediärstoffwechsel erklärt, warum trotz der Tendenz zum Zerfall lebende Ordnung erhalten wird und sich in der Evolution komplexere Lebensformen ausbilden konnten.

Stoffwechsel und lebende Substanz (Biomasse) sollten daher immer unter stofflichen *und* energetischen Aspekten diskutiert werden. Aufbauender und abbauender Stoffwechsel werden nur dann verständlich, wenn der Energietransfer bei chemischen Reaktionen mitberücksichtigt wird. Zugunsten einer energetischen Betrachtung kann der strukturelle Bereich der klassischen Biochemie auf vereinheitlichende Prinzipien reduziert werden (Katalyse, ATP-Prinzip, Energiefixierung an der Biomembran, Redoxsysteme, Phosphorylierungen, Wasserstoffmetaboliten u.a.). Ein Auswendiglernen komplexer Stoffwechselwege ohne energetisches Verständnis ist sinnlos.

Die Verbreitung von Organismen und Populationen in Ökosystemen wird durch die Verfügbarkeit von energetischen und stofflichen Ressourcen sowie der Fähigkeit von Ökosystemen, Materie zu recyceln (Materiekreislauf), begrenzt. Damit bildet das Leitthema 2 »Stoffwechsel & Energiefluss« auch die Basis zum Verständnis ökologischer Zusammenhänge. Eine unterrichtliche Kombination aus Bausteinen des Leitthemas 2 und des Leitthemas 3 »Umwelt & Innenwelt lebender Systeme« ist didaktisch sinnvoll. Energetische Fragestellungen führen gleichzeitig zu zentralen Problemen unserer technischen Zivilisation (Tragfähigkeit der Erde, Versorgung mit technischer Energie und Nahrungsenergie, Entsorgung von Kohlendioxid und Wärme als entwerteter Energie).



3.3 »Umwelt & Innenwelt lebender Systeme«

Lebende Systeme sind keine passiven Anpassungen an eine vorhandene Umgebung, sondern gestalten ihre arteigene *Umwelt* nach Maßgabe der Bedürfnisse ihrer subjektiven *Innenwelt*.

Der Eingriff des Menschen in die Biosphäre überformt natürliche Ökosysteme heute in einem solchen Ausmaß, dass ihre selbstregulierende Stabilität in Frage gestellt ist. Probleme des *Umweltschutzes* bei der Versorgung und Entsorgung und die *nachhaltige Entwicklung* (sustainable development) der Biosphäre sind untrennbar mit dem Themenkreis *Ökologie* verbunden und viable Grundlage aller sozioökonomischen Entscheidungen .

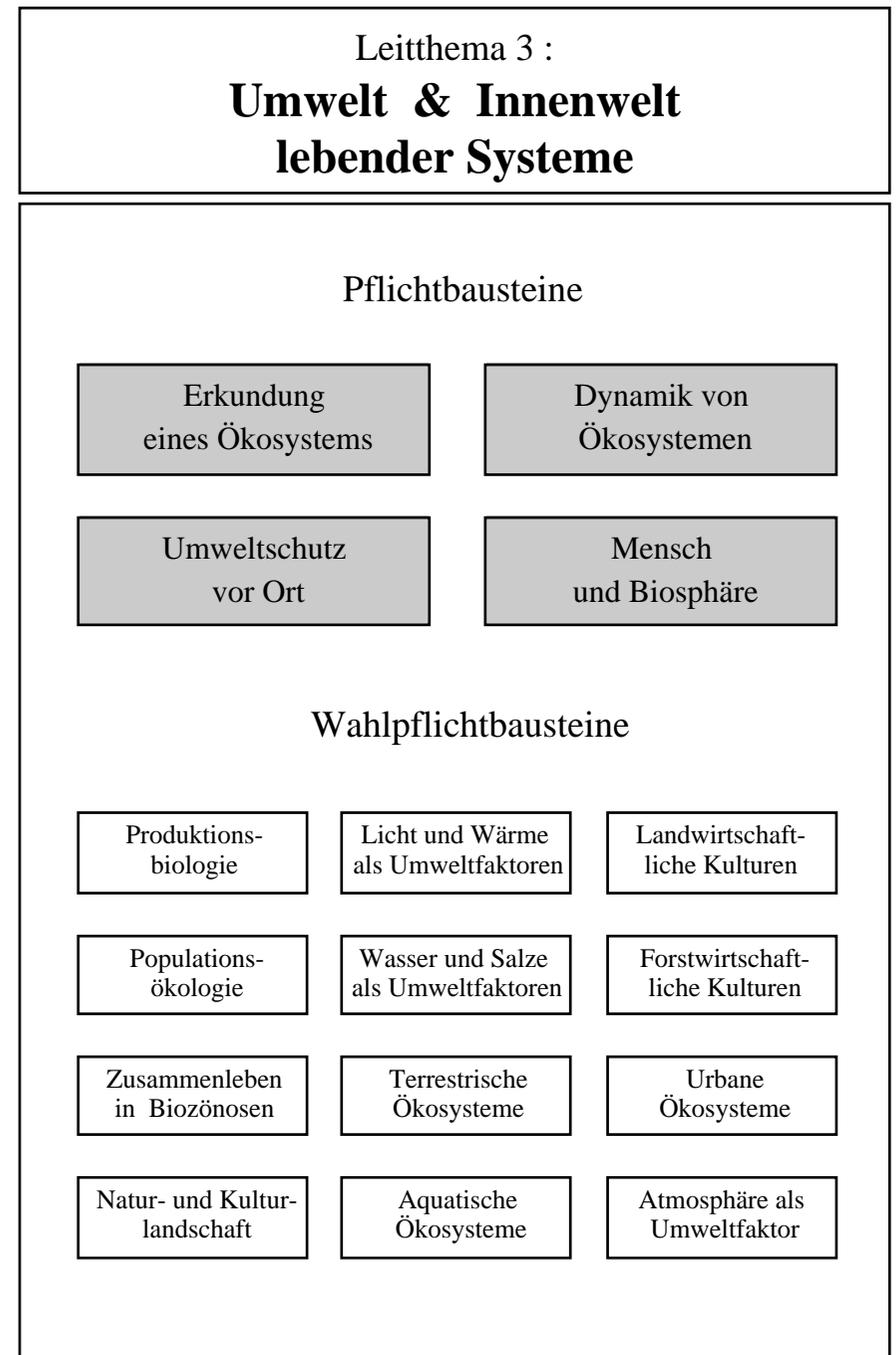
In Anlehnung an die »Agenda 21«, die im Rahmen der UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio verabschiedet wurde, liegt dem Verständnis einer nachhaltigen Entwicklung die Anschauung zugrunde, dass wirtschaftliche Entwicklung langfristig nur möglich ist, wenn die begrenzte Nutz- und Belastbarkeit der natürlichen Umwelt beachtet und berücksichtigt werden.

Ökologisch ist Ökonomie dann, wenn der materielle Durchsatz der Wirtschaft auf einem Niveau bleibt, bei dem die Regenerations- und Absorptionsfähigkeit der Umwelt nicht überschritten werden (steady-state economy).

Systemprinzipien und Gesetze der Wechselwirkung zwischen Lebewesen und der unbelebten Umwelt (Stoff- und Energieflüsse) sowie die inter- und intraspezifische Wechselwirkungen zwischen den Lebewesen (Dynamik der Populationen und Biozönosen) werden in der Fachdisziplin *Ökologie* behandelt und im Rahmen der Evolutionsökologie im Leitthema 6 »Entstehung & Veränderung lebender Systeme« vertieft. Die außerordentliche Mannigfaltigkeit der Lebensformen (*Biodiversität*) lässt sich durch die Vielzahl der *ökologischen Nischen* deuten, die sich im Verlauf der Evolution ergaben.

Fundiertes Umweltwissen und Einsicht in ökologische Strukturen können nur im Umgang mit realen Ökosystemen gewonnen werden. Im Zentrum des Unterrichts steht die originale Begegnung mit einem lokalen Lebensraum (Freilandpraktikum, Beobachtung und Messung von Umweltfaktoren, Exkursionen). Laborversuche, Modellökosysteme und Simulationen ergänzen die Freilandbeobachtungen, ersetzen sie aber nicht.

Durch praktische Einsicht in ein komplexes Naturgefüge können gleichzeitig Auswirkungen menschlicher Eingriffe registriert und bewertet werden. An Fallbeispielen anthropogen geprägter Ökosysteme wird die Verantwortung des Menschen deutlich, durch bewusstes Verhalten zur Vermeidung oder Lösung von Umweltproblemen beizutragen. Aus der aktuellen Relevanz und anthropologischen Aspektierung der *Vernetzung von Umwelt und Innenwelt* kann sich ein *perspektivisches Vertiefungswissen* für Jugendliche entwickeln, um den eigenen Standort im Rahmen komplexer sozialer und ökonomischer Zukunftsentwicklungen der heutigen Menschheit einzuschätzen.



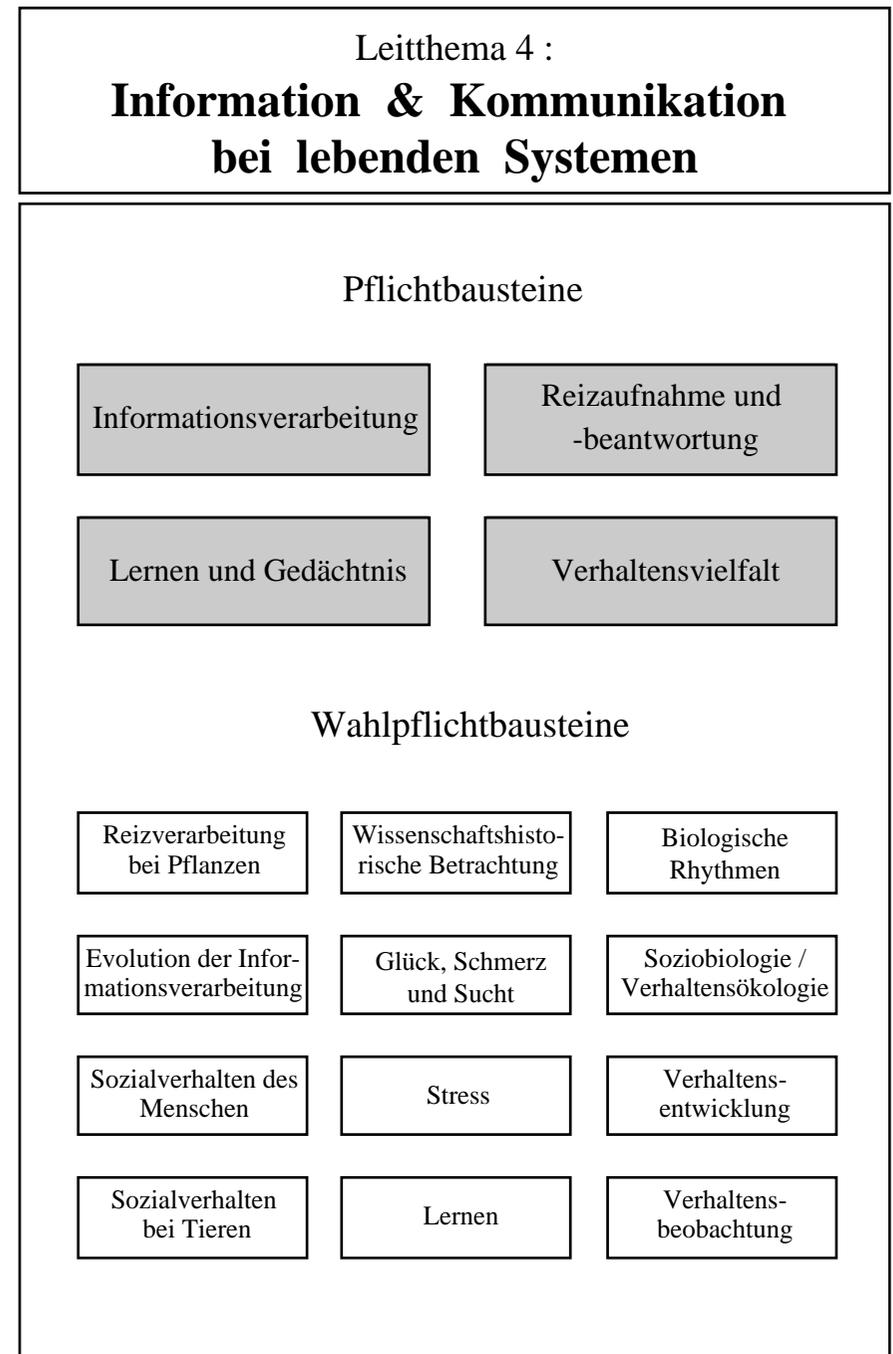
3.4 »Information & Kommunikation bei lebenden Systemen«

Fragen der Codierung biologischer Information, der *Biokommunikation* auf allen Ebenen des Lebens, sind Themen von *Neurobiologie*, *Hormonphysiologie* und *Ethologie*. Die *Humanethologie* legt darüber hinaus *anthropologische Grundlagen* eines biologisch fundierten Verständnisses subjektiver menschlicher Bedürfnisse im Rahmen ökologischer und gesellschaftlicher Prozesse, die in der Biologischen Anthropologie im Leitthema 6 zusammenfassend reflektiert werden.

Die Forschungen und Theorien, die unser heutiges Verständnis von Nervenzellen und Gehirn bedingen, stellen eine der größten wissenschaftlichen Leistungen des 20. Jahrhunderts dar. Die Frage, wie Wahrnehmen und Denken zustande kommen und in welchem Verhältnis Gehirn und Geist zueinander stehen, ist eine transdisziplinäre Angelegenheit geworden. Die Erforschung der sogenannten »höheren Funktionen« des Gehirns (Wahrnehmen, Denken, Lernen, Erinnern, Bewusstsein und das Unbewusste) zeigt, dass sich die Aktivitäten des Geistes nicht in speziellen Hirnbereichen präzise lokalisieren und Intelligenz nicht als Ergebnis einfacher Rechenprozesse beschreiben lassen. Gehirne organisieren sich in hohem Maße selbst und schon alltägliche Handlungen erfordern komplexe Intelligenzleistungen. In diesem Zusammenhang muss nicht nur der Begriff Intelligenz für Tier und Mensch neu überdacht werden, sondern auch die Frage nach dem Bewusstsein von Tieren.

Neben der Vermittlung von Grundkenntnissen zur Informationsverarbeitung soll der aktuelle Forschungsstand zu Lernen, Gedächtnis, Bewusstsein und Intelligenz verfolgt werden. Mit der Vermittlung von Inhalten zur Stressentstehung und -bewältigung sowie zur Drogenproblematik wird ein fundierter Beitrag zur Gesundheitserziehung und Drogenprävention geleistet. Gerade im Bereich der Wahlpflichtbausteine bietet sich die Durchführung unterschiedlichster fachübergreifender Projekte an.

Lehrplaninhalte zur Ethologie müssen die starken Veränderungen berücksichtigen, die sich in dieser biologischen Teildisziplin in den letzten Jahren vollzogen haben. Durch neue Forschungsergebnisse in den Bereichen Soziobiologie, Verhaltensökologie - beide bringen eine evolutive Perspektive in die Betrachtung tierischen und menschlichen Verhaltens - und Neuroethologie ist die Ethologie komplexer geworden. Dazu kommen Kontroversen um die Aussagen der Instinktlehre von LORENZ und TINBERGEN. Lehrerinnen und Lehrer sind hier besonders gefordert, die weitere wissenschaftliche Entwicklung zu verfolgen, um beim Gebrauch der bisher gültigen Termini zur Instinktlehre differenzieren zu können.



3.5 »Vererbung & Selbstorganisation lebender Systeme«

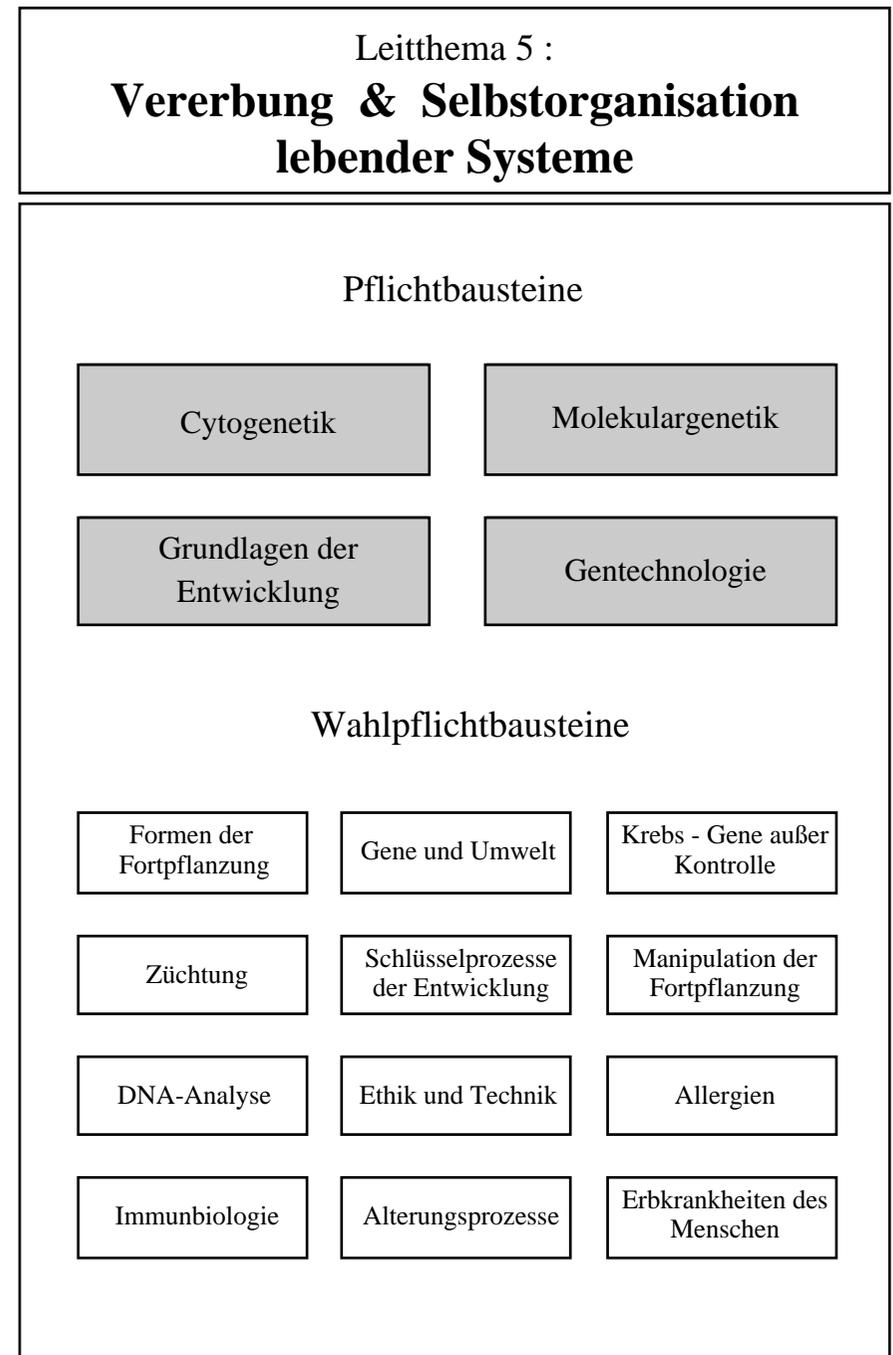
Ein zentrales Konzept der Biologie ist die *genetische Kontinuität* biologischer Systeme, der »Fluss der Erbinformation«, der in der individuellen Entwicklung organismische Gestalt annimmt und auch durch den Tod individueller Organisation keine Unterbrechung erfährt.

Komplementär zur Erhaltung der genetischen Information ermöglicht die *genetische Diskontinuität* (Mutation) in Wechselwirkung mit der Umwelt die modellhafte Interpretation der Stammesgeschichte (Phylogenese) im Rahmen der Evolutionstheorie.

Prinzipien der *Selbstorganisation* lebender Systeme (Ontogenese und Phylogenese) sind ein aktuelles Thema der biologischen Forschung. Selbstorganisation muss dabei begrifflich vom Konzept der *Selbstordnung unbelebter Systeme* unterschieden werden. Hier ist ein neuer Reduktionismus zu beobachten, der Strukturbildungen der unbelebten Natur mit Selbstorganisation gleichsetzt und die Illusion aufkommen lässt, dass an Modellbeispielen der Physik, z.B. dem Laser in der Synergetik oder den oszillierenden Reaktionen in der Chemie, auch die Selbstorganisation lebender Systeme erläutert werden kann.

Biologische Systeme besitzen im Unterschied zu allen anderen komplexen Systemen ihr eigenes Programm, codiert in den Nucleinsäuren. Der gravierendste Unterschied liegt dabei in der *Semantik* und *Pragmatik* syntaktischer Information: Strukturen und Funktionen des Lebendigen haben immer eine *Bedeutung* für die Überlebensfähigkeit des Individuums oder für die Erhaltung der genetischen Information der Art bzw. der Population.

Individuelle lebende Systeme können sterben, sie erleiden einen irreversiblen Tod, während Strukturen des Anorganischen zwar zerfallen, sich bei Energiezufuhr aber erneuern. Sie sind gewissermaßen zeitlos. Es ist daher auch nicht angemessen, anorganische Systeme wie Kristalle als tot zu bezeichnen. Andererseits liefern die theoretischen Ansätze der anorganischen Wissenschaften wichtige Impulse für die Theoretische Biologie, da sie Hinweise auf Prozessprinzipien geben, die auch auf den Organisationsebenen lebender Systeme eine Rolle spielen.



3.6 »Entstehung & Veränderung lebender Systeme«

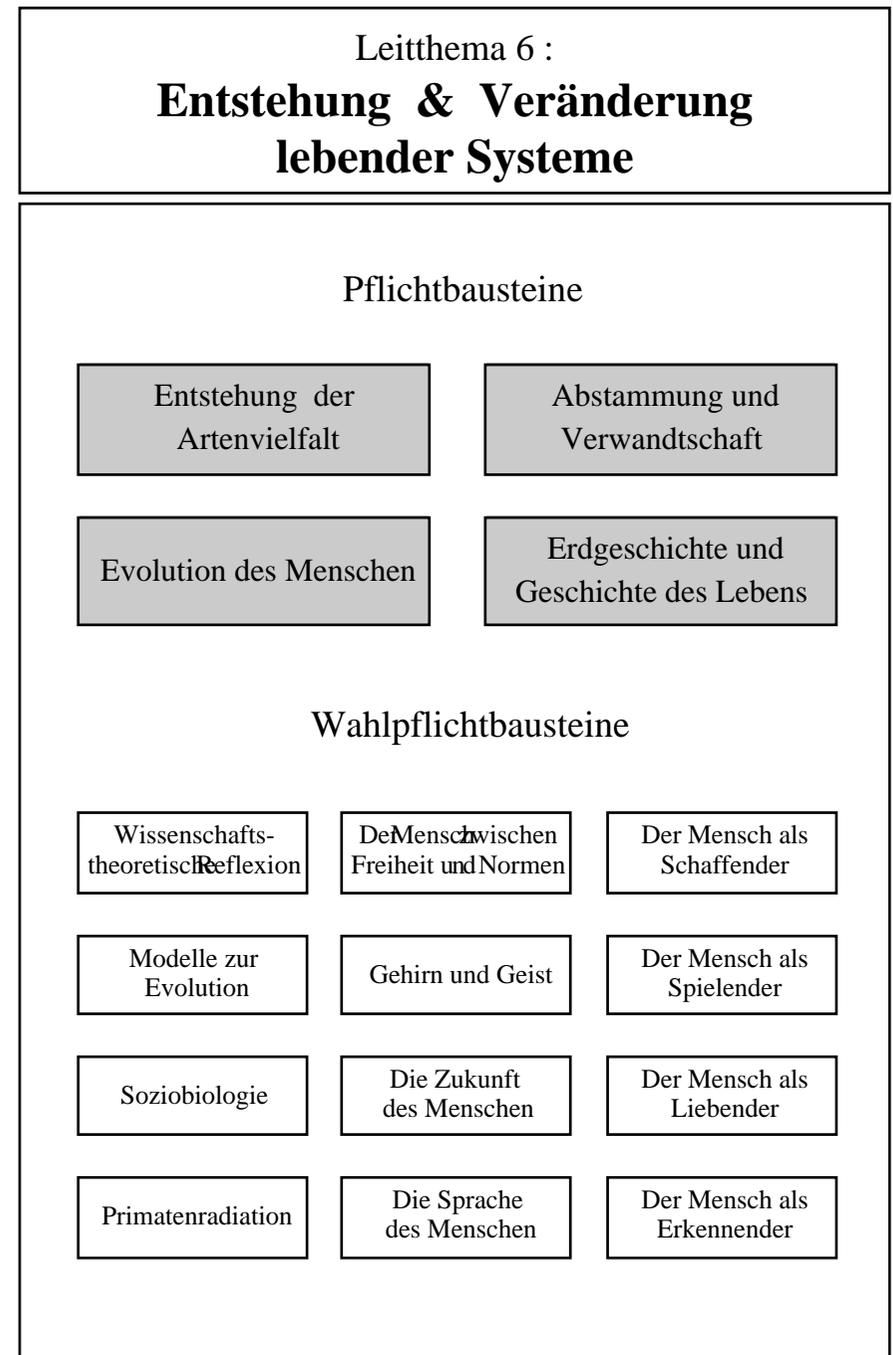
Die wissenschaftlichen Erkenntnisse von Systematikern, Genetikern, Molekularbiologen und Geologen belegen, dass die Evolution der Lebewesen eine Tatsache ist. Dem Verständnis der Evolutionsvorgänge kommt eine überragende Bedeutung zu. »Nichts in der Biologie macht Sinn außer im Lichte der Evolution«. Diesen von DOBZHANSKY 1973 geprägten Satz kann man heute auf unser gesamtes Weltverständnis übertragen. Viele Einzelfragen der Evolutionsbiologie sind noch ungelöst. So können an diesem zentralen Thema wissenschaftshistorische Aspekte, Denkmodelle und Grenzen der biologischen Theoriebildung verdeutlicht werden.

Stärker als früher wird die aktive Rolle der Organismen in der Evolution gewürdigt, die nicht passive Anpassungsobjekte an die Umgebung darstellen, sondern rückkoppelnd ihre Umwelt gestalten und damit die eigene Evolution beeinflussen. Evolutionsgedanken finden heute Eingang in andere Disziplinen wie Philosophie, Sozial-, Wirtschafts- und Geisteswissenschaften. Reflexionen über die Zulässigkeit evolutionsbiologischer Erklärungsansätze bei interdisziplinären Fragestellungen erfordern wissenschaftstheoretische Grundkenntnisse und umfassendes biologisches Grundlagenwissen. Auch in die moderne Anthropologie reichen evolutionäre und evolutionsökologische Interpretationen hinein. Sie sind Aspekte bei der Deutung des Menschen und des Menschseins.

Ein integrativer Ansatz versucht Teilerkenntnisse zu vernetzen, um die dem Thema Mensch nicht angemessene Aufteilung in Einzeldisziplinen und die Abschottung von Natur- und Geisteswissenschaften aufzubrechen. Biologische, sozial- und kulturwissenschaftliche Konzepte müssen zu einem ganzheitlichen Bild des Menschen zusammengefügt werden. Die Vielfalt menschlicher Selbstdeutungen zeigt, dass keine abgeschlossenen Antworten vorliegen. Das Teilkonzept Anthropologie bietet die Möglichkeit zu verdeutlichen, wie Erkenntnisse und Ergebnisse aus vielen Jahren Biologieunterricht zu einer interdisziplinären Sichtweise anregen und zur fragenden Weiterentwicklung eigener Ideen und Einstellungen führen können. So wird punktuell Wissen zueinander in Beziehung gebracht und ein individueller Entwurf für Welt- und Lebensdeutung initiiert.

Die drei Grundfragen der Anthropologie: Woher kommt der Mensch? Was ist der Mensch? Wohin geht der Mensch?, also die Fragen nach Herkunft, Wesen und Weg des Menschen können zwar nicht abschließend und vollständig beantwortet werden, ihre Diskussion regt aber zum Nachdenken darüber an, wie der Mensch seine Zukunft bestehen kann.

Besonders dringend stellt sich die Frage nach Herkunft und Sinn des Lebens heute, wo der Mensch beginnt, Genotypen zu verändern und damit in die Evolution einzugreifen.



4. Grundfach

Grundfach - Leitthema 1

»Struktur & Funktion lebender Systeme«

Struktur (auch Bau, Form, Gestalt) und Funktion sind *komplementäre Aspekte* von Organismen, aber auch von anderen komplexen Systemen der natürlichen und gebauten Welt. Die Form oder Gestalt eines Systems ist meistens unmittelbar mit Prozessen und Aufgaben verbunden. Die systemtheoretische Analyse vermittelt ein Verständnis von Struktur und Funktion auf verschiedenen Ebenen biologischer Organisation und erklärt die Form von ihrer Funktion her und umgekehrt.

Obwohl die Zelle als »kleinstes System des Lebens« einen exemplarischen Schwerpunkt des Leitthemas 1 bildet, sollte der Blick auch auf andere Systemstufen lebender Systeme gerichtet bleiben (vgl. Abb. 1). Ein Überblick über die »Systeme des Lebendigen« vernetzt die verschiedenen Systemstufen und zeigt die gemeinsamen »Prinzipien des Lebens«.

Bioenergetische und molekulare Grundlagen des Lebens lassen sich im Grundfach vorteilhaft an humanbiologischen Themen in einer entsprechenden Verbindung zum Leitthema 3 erarbeiten und mit den Bausteinen »Ernährung«, »Sportphysiologie« u.Ä. verbinden. Biologische Erkenntnisbildung im Experiment und in der Theorie (Modellbildung) ist exemplarisch zu verdeutlichen.

Ziele und Inhalte	Hinweise / Stundenansätze
Sach- und Methodenkompetenz	

Systeme des Lebendigen	Erweiterungswissen - Praktikum	6
<p>Überblick über die Systemebenen Moleküle, Zellen, Organismen und Biozönosen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pro- und Eukaryonten - Ein- und Vielzeller: Lichtmikroskopische Übungen - Grundbaupläne von Tieren, Pflanzen und Pilzen - Ökologische Beziehungen in der Biozönose: Produzenten, Konsumenten, Destruenten 	<p>Systembegriff (Elemente, Wechselwirkungen, Systemeigenschaften); hierarchische Struktur des Lebendigen; Dynamischer Lebensbegriff: »Die Formen des Lebendigen sind nicht, sie geschehen« (L. v. BERTALANFFY); 5-Reich-System nach WHITTAKER als ein mögliches Orientierungsschema; Auswertung von Fertigpräparaten; Vernetzung mit »Cytologische Grundlagen«, »Lebensformtypen«</p>	

Cytologische Grundlagen	Orientierungswissen - Praktikum	6
<p>Überblick über den Bau der Zelle und grundlegende Wechselwirkungen mit der Umwelt</p> <ul style="list-style-type: none"> - Licht- und elektronenmikroskopischer Bau der Zelle und ausgewählter Zellorganelle - Biomembranen und Kompartimentierung - Diffusion, Osmose und Plasmolyse - aktive und passive Transportvorgänge 	<p>Mikroskopische Übungen; Phänomene und Anwendungsbeispiele aus dem Alltag; die ausführliche Behandlung einzelner Zellorganellen erst im Rahmen der Stoffwechselfeldynamik und Genetik; TRAUBsche und PFEFFERSche Zelle siehe »Biomembranen«; Vertiefung vgl. »Histologie«, »Biomembranen«, »Elektronenmikroskopie« und »Wasserhaushalt«</p>	

Molekulare Grundlagen	Orientierungswissen - Methodenlernen	6
<p>Überblick über molekulare Strukturen und ihre Funktionen im Organismus</p> <ul style="list-style-type: none"> - Proteine, Kohlenhydrate, Lipide - Löslichkeit polarer und unpolare Moleküle - Bau von Enzymen, Substrat- und Wirkungsspezifität 	<p>Baukonzept und Grundreaktionen der Polymeren stehen im Zentrum, keine umfassende Biochemie; Einbindung chemischen Wissens in strukturelle und funktionelle Zusammenhänge lebender Systeme; vgl. »Cytologische Grundlagen«, »Biomembranen«, »Ernährung«; Vernetzung mit »Bioenergetische Grundlagen« und Bausteinen des Leitthemas 2</p>	

Bioenergetische Grundlagen	Erweiterungswissen	6
<p>Verständnis der Organismen als Energiewandler im Energiefluss offener Systeme</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aspekte der Energie: Erhaltung, Transport, Umwandlung, Entwertung - Kopplung exergonischer und endergonischer Reaktionen; ATP-Prinzip - Enzymatik unter energetischem Aspekt, Herabsetzung der Aktivierungsenergie 	<p>Ohne Grundkenntnisse in der Energetik ist kein Verständnis der Stoffwechselfeldynamik möglich; Entwertung bezieht sich auf Veränderung der Energiequalität; eine Vernetzung energetischer und biologischer Begriffe ist anzustreben; einfache Experimente zur Enzymatik; vgl. »Molekulare Grundlagen«; Verbindung mit Bausteinen des Leitthemas 2: »Atmung und Gärung - Theorie«, »Ernährung« o.a.</p>	

Histologie	Praktikum - Methodenlernen 3
Einblick in den Bau von Geweben - Analyse komplexer Fertigpräparate - Präparation und Anfertigung von mikroskopischen Schnitten; Vitalfärbungen - Biologische Zeichentechniken	Mikroskopie; histologische Beobachtungen nicht als Selbstzweck, sondern im Kontext ökologischer, anatomischer und physiologischer Fragen, z.B. Feinbau von Leitgewebe, vgl. »Cytologische Grundlagen«, »Wasserhaushalt«

Elektronenmikroskopie	Erweiterungswissen - Methodenlernen 3
Überblick über Bau und Funktionsweise eines Elektronenmikroskops - Strahlenerzeugung und Strahlengang - Herstellung von EM-Präparaten - Vergleich von Licht- und Elektronenmikroskopen	Filme über die Herstellung und Aufnahme von EM-Präparaten; keine isolierte Behandlung der Technik, Anbindung an konkrete Fragestellungen vgl. »Cytologische Grundlagen« und »Histologie«

Biomembranen	Praktikum - Modellierung 3
Fähigkeit, anhand experimenteller Befunde Modelle von Biomembranen zu diskutieren - von der Porenmembran zum Fluid-Mosaik-Modell - Membranlipide und Membranproteine, Carriermoleküle	Wissenschaftshistorische Entwicklung verschiedener Membranmodelle; Demonstration des Wegs vom Phänomen zum Modell; Endo- und Exocytose zur Verdeutlichung von Fließbewegungen; Ionenfallenmechanismus; TRAUBSche und PFEFFERSche Zelle

Wasserhaushalt	Erweiterungswissen 3
Einblick in die Regulation des Wasserhaushaltes eines biologischen Systems, z.B. - Aufnahme, Transport und Abgabe von Wasser und Ionen in Pflanzen, Funktion der Transpiration - Aufbau und Funktion der menschlichen Niere	Streusalzproblematik; kontraktile Vakuolen; Pneuprinzip und hydraulisches Prinzip bei der Formentwicklung; vgl. »Biomembranen«; Anpassungen an unterschiedliche klimatische Bedingungen

Chemische Grundlagen	Orientierungswissen 3
Kenntnis biologisch relevanter Elemente und ihrer Bindungsfähigkeit - C, H, O, N, S, P - intra- und intermolekulare Bindungen an wenigen exemplarischen Beispielen Überblick über organische Stoffklassen anhand funktioneller Gruppen	Wiederholung von Grundwissen aus der Sekundarstufe I; ein einfaches Atommodell reicht (n. KIMBALL oder Elektronenpaarabstoßungsmodell); auf die Anbindung an biologische Fragestellungen ist zu achten; Reaktivität; Löslichkeitsverhalten; Nachweisreaktionen in Naturstoffen

Lebensformtypen	Orientierungswissen - Praktikum 3
Überblick über Kategorien der Systematik Einblick in Bestimmungsmethoden Fähigkeit zur Beschreibung von Organismen unter taxonomischen und ökologischen Aspekten - Systematische Kategorien - Bestimmungübungen	Tier- und Pflanzenbestimmungen im Rahmen von Freilandarbeiten; Artenkenntnis als Grundlage für Artenschutz; vgl. »Systeme des Lebendigen«, Anbindung auch an »Erkundung eines Ökosystems« möglich

Wachstum	Orientierungswissen - Projekt 3
Ableitung von Wachstumstypen und Algorithmen aus experimentellen Daten - Grundtypen konstanten, exponentiellen und logistischen Wachstums - Zustands- und Ratengrößen - Zeitreihen und Phasendiagramme - Modellierung	<i>Experimente - Phänomene:</i> Langzeitversuche zur Keimung und zum Wachstum zu Hause, Datenauswertung manuell und mit Software (Tabellenkalkulation); <i>Modelle - Simulationen:</i> Tabellenkalkulation, interaktive Graphikprogramme; vgl. »Modellbildung«, »Phyllotaxis«

Prinzipien des Lebens	Orientierungswissen 3
Einblick in grundlegende Prinzipien der Selbstorganisation lebender Systeme - Unterschied zwischen Merkmalen und Prinzipien - Lebensprinzipien im Überblick - Diskussion der Prinzipien an ausgewählten Beispielen	Lebensprinzipien (z.B. Polaritäts-, Verwandlungs-, Ordnungs-, Autonomie-, Komplexitäts-, Variations-, Adaptations-, Bewertungs-, Bewegungs-, Begrenzungs-, Deutungs- und Reproduktions-Prinzip (s. Lit.) erweitern die Merkmale des Lebens und zeigen die Eigenart biologischer im Vergleich zu unbelebten Systemen

Dynamische Systeme	fachübergreifendes Projekt	3
Einblick in die Selbstordnung bzw. Selbstorganisation dynamischer, nichtlinearer Systeme der unbelebten und belebten Natur - Prinzipien dynamischer Systeme - dissipative und konservative Strukturen - deterministisches Chaos	<i>Prinzipien</i> : Offenheit, Ungleichgewicht, Energiedissipation, Irreversibilität, Nichtlinearität, Rückkopplung und Evolutionsfähigkeit <i>Modellexperimente</i> : Kerzenflamme, oszillierende Reaktionen; Modellierung und Computersimulation mit Software; vgl. »Modellbildung«	

Fraktales Wachstum	Methodenlernen - Projekt	3
Einblick, dass die fraktale Dimension in Erweiterung der euklidischen einen neuen Zugang zur biologischen Form- und Musterbildung ermöglicht - Isometrie und Allometrie - Selbstähnlichkeit - euklidische und fraktale Dimensionen	<i>Experimente - Phänomene</i> : Demonstration fraktaler Formen (Farne, Wurzeln, Organe u.Ä.) <i>Modelle - Simulationen</i> : Bestimmung der fraktalen Dimension mit dem BOX-Counting -Verfahren s. PEITGEN et al. 1992, 1994; Computersimulation mit Software; vgl.»Modellbildung«, »Phyllotaxis«	

Phyllotaxis - Formbildung bei Pflanzen	Methodenlernen - Projekt	3
Einblick in den Weg vom Phänomen, über die Datenerfassung zur Modellbildung und Simulation - Analyse von Blattstellungen, Blüten- und Fruchtständen - Zeichnerische Darstellung - Modellierung erkannter Gesetzmäßigkeiten	<i>Experimente - Phänomene</i> : Zeichnungen und Messungen an Blüten, Blättern, Früchten, Verzweigungen; <i>Modelle - Simulationen</i> : Verwendung einfacher Simulationsprogramme und der Tabellenkalkulation (s. Lit.); vgl. »Modellbildung«, »Fraktales Wachstum«	

Modellbildung	Methodenlernen - Projekt	3
Einblick in Methoden der Modellbildung und Simulation mit dem Computer - lineare und vernetzte Strukturen - Kreisstrukturen (Regel-, Aufschaukelungs- und Konkurrenzkreis) - der Weg vom Modell zur Simulation	Wiederholungen und Fortführung der ITG aus der Sekundarstufe I (vgl. »Lehrplan ITG«); Arbeit mit Modellbildungssystemen, z.B. Modus, Stella; DynaSys u.a. Vernetzung der Modellbildung mit »Dynamischen Systemen«, »Fraktales Wachstum«, »Phyllotaxis - Formbildung bei Pflanzen«	

Eigenes Baustein-Thema:		3

Grundfach - Leitthema 2

»Stoffwechsel & Energiefluss lebender Systeme«

Komplexe Systeme tendieren zu ungeordneten Zuständen. Lebende Systeme benötigen daher eine dauernde *Energieaufnahme*, um ihre Struktur und Funktion zu erhalten. Aufnahme, Speicherung, Umwandlung und Entwertung von Energie sind mit Stoffwechsel verbunden, der von der molekularen bis zur ökologischen Ebene die Lebensprozesse trägt. Das vereinheitlichende Konzept von *Materiekreislauf* und *Energiefluss* bildet gleichzeitig die Basis für ein ökonomisch-technisches Verständnis der heutigen Zivilisation.

Assimilation anorganischer Stoffe unter Energiezufuhr und Dissimilation organischer Stoffe unter Energiefreisetzung lassen sich mit den Leitthemen 1 und 2 in besonderem Maße vernetzen. Im Grundfach geht es um die entscheidenden energetischen Prinzipien: Spaltung des Wassers und Auf- und Abbau einer Potentialdifferenz zwischen Wasserstoff und Sauerstoff. Ohne energetisches Verständnis bleiben strukturelle Aspekte des Metabolismus (Stoffwechselzyklen, Stoffwechselketten) inhaltsleer.

Biochemische Prozesse lassen sich modellhaft reduzieren zugunsten energetischer Prinzipien, wobei Experimente den lebensweltlichen Bezug zu Ernährung, Atmung, Biotechnik u.Ä. herstellen. Auch eine Anbindung der Bausteine an ökologische Fragestellungen, z.B. Nahrungsnetze, bietet sich an.

Ziele und Inhalte	Hinweise / Stundenansätze
Sach- und Methodenkompetenz	

Gärung und Atmung - Theorie	Orientierungswissen - Modellbildung 6
Überblick über energieliefernde Reaktionen und Einblick in Mechanismen oxidativer Energiegewinnung - Glycolyse - Alkoholische Gärung, Milchsäuregärung - Feinbau der Mitochondrien - Oxidative Decarboxylierung, Citratzyklus und Endoxidation - chemiosmotische Theorie von MITCHELL	Energiegewinn durch Gärung und Atmung im Vergleich; vgl. »Sportphysiologie«; auf evolutive Aspekte (Endosymbiontentheorie) kann eingegangen werden; Aufbau und Nutzung von Konzentrationsunterschieden (Protonen-, pH-Gradienten) über der inneren Mitochondrienmembran; Vergleich mit der Thylakoidmembran, siehe »Photosynthese-Theorie«; zur Vertiefung vgl. »Biotechnologie der Gärung«; »Energiehaushalt«

Gärung und Atmung - Praktikum	Praktikum - Methodenlernen - Projekt 6
Erwerb von Kenntnissen und Fertigkeiten zur Planung und Durchführung stoffwechselfysiologischer Experimente - Versuche zur Atmung und Gärung - Beobachtungen und exemplarische Messungen zum Stoffwechsel	Projektorientierung durch biotechnologische Aspekte, z.B. Wein-, Bier- und Käseproduktion; zusätzliche Betriebsbesichtigungen und Exkursionen auch in Zusammenarbeit mit anderen Fächern; vgl. »Biotechnologie der Gärung«; Nachweis der Atmung bei Pflanzen und Tieren; Nahrungsaufnahme bei Kleintieren, Keimung und Wachstum bei Pflanzen; historische Experimente; vgl. »Grund- und Leistungsumsatz«

Photosynthese - Theorie	Orientierungswissen - Modellbildung 6
Vereinfachter Überblick über - Feinbau der Chloroplasten - lichtabhängige Reaktionen (Photolyse, NADPH+H ⁺ als Reduktionsäquivalent, Photophosphorylierung, Funktion der Thylakoidmembran) - lichtunabhängige Reaktionen - Bilanzrechnungen und Wirkungsgrade	Energietransformation als Aufbau einer elektrochemischen Potentialdifferenz; Energiefixierung als Speicherung des Wasserstoffs am Kohlenstoffgerüst (CALVIN-Zyklus in Übersichtsdarstellung als CO ₂ -Assimilation unter Verbrauch von ATP und Reduktionsäquivalenten; Regeneration des Akzeptormoleküls); Vernetzung mit »Photosynthese - Praktikum«, auch Bausteinen des Leitthemas 3; vgl. »Photosynthese-Spezialisten«

Photosynthese - Praktikum	Praktikum - Methodenlernen 6
Erwerb praktischer Fähigkeiten zur Untersuchung des phototrophen Stoffwechsels, zur Auswahl stehen: - Isolierung und Versuche mit Blattfarbstoffen; Chromatographie - Absorptions- und Wirkungsspektrum - Mikroskopie des Blattes, Bau der Chloroplasten, Leitgewebe - Photosyntheserate in Abhängigkeit z.B. von Licht, Temperatur, Kohlendioxid	Abhängigkeit der Photosynthese von Umweltfaktoren; Diskussion von Standortfaktoren; vgl. »Photosynthese-Spezialisten«; Einsatz von Messgeräten (Photometer, Sauerstoffmessung); Stärkenachweis; Datenerfassung mit dem Computer; zur Einbindung der Photosynthese in ökologische Themen vgl. »Produktionsbiologie«, »Terrestrische« bzw. »Aquatische Ökosysteme«

Biotechnologie der Gärung	Praktikum - Methodenlernen - Projekt 3
Einblick in biotechnische Verfahren der Gärung - Vergleich von Laborversuchen mit technischen Anlagen - Probleme und Fragen der Biotechnologie - ökonomische Bedeutung des Weinbaus in Rheinland-Pfalz	Projektorientierung durch biotechnologische Aspekte, z.B. Wein-, Bier- und Käseproduktion; experimentelle Zugänge; zusätzliche Betriebsbesichtigungen und Exkursionen auch in Zusammenarbeit mit anderen Fächern

Grund- und Leistungsumsatz	Vertiefungswissen - Projekt 3
Überblick über den Zusammenhang zwischen Grund- und Leistungsumsatz für Gesundheit, Krankheit und sportliche Leistungsfähigkeit - Registrierung der eigenen Energieaufnahme im Vergleich mit dem Energiebedarf - Messungen in der Medizin und Ernährungswissenschaft	Regulation des Stoffwechsels; Brennwert, Kalorisches Äquivalent, respiratorischer Quotient ; vgl. »Ernährung«; Zusammenhang mit dem Energiebegriff herstellen; vgl. »Bioenergetische Grundlagen« und »Sportphysiologie«

Ernährung	Methodenlernen - Projekt 3
Einblick in ernährungsphysiologische Fragen unter energetischen, biochemischen, anatomischen und medizinischen Aspekten - Nährstoffe und Nahrungsmittel - Verdauung und Resorption - Überernährung, Unterernährung und Mangelernährung	Eigene Ernährungsform beurteilen; Bewertungskriterien einer ausgewogenen Ernährung (Benutzung von Datenbanken); Ernährungsprobleme von Industrie- und Entwicklungsländern; biomedizinischer Aspekt; vgl. »Grund- und Leistungsumsatz«

Sportphysiologie	fachübergreifendes Projekt 3
Einblick in Energetik und Physiologie des Muskel-, Atmungs- und Blutkreislaufsystems - Blutkreislaufsystem, in Ruhe und bei Belastung - Phasen aerober und anaerober Energiegewinnung beim Leistungssport	Wiederholung von Grundwissen aus der Sekundarstufe I; Zusammenarbeit mit dem Fach Sport; Grenzen der Leistungsfähigkeit (Sauerstoffschuld); Steigerung der Leistungsfähigkeit durch Training; sportmedizinische Aspekte; Doping; Registrierung von Puls und Blutdruck mit dem Computer

Energiehaushalt	Vertiefungswissen - Projekt 3
Überblick über Strategien der Energieeinsparung bei endo- und ektothermen Tieren - Regulation der Körpertemperatur - Überwinterungsstrategien - Verhaltensänderungen bei Wirbellosen	Bildung kybernetischer Begriffe, Regelkreistheorie; Winterruhe, Winterschlaf, Torpor; Überwinterung einiger Staaten bildender Insekten, z.B. Wärmebildung bei Bienenvölkern; Verbindung zum Baustein »Bioenergetische Grundlagen«

Intermediärstoffwechsel	Vertiefungswissen - Modellbildung 3
Einblick über Vernetzungen im intermediären Stoffwechsel - Auf-, Ab- und Umbau der Kohlenhydrate, Proteine und Fette - Regulation des Fließgleichgewichts im Stoffwechsel	Die erarbeitete katabolische Dynamik wird durch erweiterte Kenntnisse über den anabolischen Stoffwechsel zu einem vereinfachten Übersichtsschema des Metabolismus zusammengefügt, das die Vernetzung der Stoffwechselwege in der Zelle modellhaft verdeutlicht; vgl. »Photosynthese-Theorie«, »Gärung und Atmung«

Exkretion	Vertiefungswissen 3
Überblick über Bau und Funktion der menschlichen Niere - Niere, Nephron (Bowmansche Kapsel, Glomerulus, Henlesche Schleife) - Primärharn und Rückresorption	Anwendungsbeispiel für Osmoregulation, für aktiven und passiven Transport; vgl. Leitthema 1 »Cytologische Grundlagen«, »Wasserhaushalt«; Einfluss von Alkohol und Medikamenten auf die Nierenfunktion; Nierenfunktionsprüfung; Morphologische und physiologische Anpassungen von Säugern in verschiedenen Klimaregionen

Homöostase	Orientierungswissen 3
Einblick in die Kybernetik anhand des Fließgleichgewichts bei einem Stoffwechselvorgang, z.B. - Prinzipien der Steuerung und Regulation (positives und negatives Feedback) - halbquantitative Pfeildiagramme - Regelkreis	z.B.Regulation der Sauerstoffkonzentration im Blut, Blutzuckerregulation; Simulation auf dem Computer; Einsatz von Software; vgl. Lehrplan ITG in Sek.I; vgl. »Gesundheit und Krankheit«

Gesundheit und Krankheit	Orientierungswissen 3
Einblick in exogene, endogene und multifaktorielle Krankheitsursachen und Bewusstsein im Umgang mit Krankheiten an einem ausgewählten Beispiel, z.B. - Stoffwechselstörungen - Infektionen und ihre Abwehr	WHO-Definition von Gesundheit; Krankheitsbegriffe in Psychologie, Recht, Kunst und Literatur; Befund-Befinden; Konzepte der Prävention und Gesundheits-erziehung; positiver Gesundheitsbegriff: Gesundheit als aktiver Zustand, nicht als Abwesenheit von Krankheit

Chemosynthese	Vertiefungswissen 3
Einblick in die Nutzung anorganischer Energiequellen durch chemoautotrophe Organismen - Schwefel- und Stickstoffverbindungen als Energiequellen - Leben an Extremstandorten	Evolutive Aspekte der Autotrophie; Baustein kann auch im Zusammenhang mit Leitthema 3, »Aquatiscche Ökosysteme«, oder Leitthema 6, »Erdgeschichte und Geschichte des Lebens«, unterrichtet werden

Photosynthese-Spezialisten	Vertiefungswissen - Praktikum 3
Einblick in anatomische und physiologische Anpassungen von Pflanzen an unterschiedliche klimatische Bedingungen - Vergleich von C ₃ - und C ₄ - und CAM-Pflanzen	Spezielle Formen der Kohlendioxid-Fixierung lassen sich im Rahmen der lichtunabhängigen Reaktion thematisieren oder als ökophysiologisches Phänomen der Anpassung an extreme Umweltfaktoren anschließen; mikroskopische Übungen; vgl. »Licht und Wärme« und »Wasser und Salze als Umweltfaktoren«

Regenerative Energien	Erweiterungswissen - fachüber. Projekt 3
Einsicht, dass langfristig die Solarenergie eine umweltverträgliche und quasi unerschöpfliche Energieform darstellt - Biomassennutzung, z.B. Biotreibstoffe, nachwachsende Rohstoffe - Photovoltaik- und Solarwasserstoff-technologie als CO ₂ -neutrale »technische Evolution«	Globale Energiefragen und Klimaprobleme (Treibhauseffekt); Vernetzung ökologischer und ökonomischer Maßnahmen; fachübergreifendes Projekt: Vergleich technischer und biologischer Problemlösungen bei der Transformation der Sonnenenergie; vgl. auch »Produktionsbiologie«, »Landwirtschaftliche« bzw. »Forstwirtschaftliche Kulturen«

Eigenes Baustein-Thema:	3

Grundfach - Leitthema 3

»Umwelt & Innenwelt lebender Systeme«

Lebewesen können theoretisch zu Populationen unbegrenzter Größe wachsen, aber die Umweltressourcen sind endlich. Die fundamentale Spannung zwischen Umwelt-Angeboten und Innenwelt-Bedürfnissen wirkt sich auf die Interaktionen zwischen Organismen aus, die in Ökosystemen um Raum, Energie u.Ä. konkurrieren, aber auch kooperieren. Die heutigen Umweltprobleme erweisen sich im Kern als ungelöste Innenweltkonflikte der Menschheit: Überpopulation und Konsumverhalten stellen die *Selbstregulation der Biosphäre* in Frage. Einsicht in die Vernetzung aller lebender Systeme mit der Umwelt ist die Grundlage für eine Überlebensstrategie auf unserem Planeten.

Durch praktisches Arbeiten und originale Einsicht in ein komplexes Naturgefüge können im Grundfach gleichzeitig Auswirkungen menschlicher Eingriffe registriert und bewertet werden. An geeigneten Fallbeispielen anthropogen geprägter Ökosysteme wird die Verantwortung des Menschen deutlich, durch bewusstes Verhalten zur Vermeidung oder Lösung von Umweltproblemen beizutragen. Eine wichtige Rolle spielen dabei Fragen der Energieversorgung und der Tragfähigkeit der Erde. Über das Umweltbewusstsein hinaus sind Handlungsstrategien zu diskutieren und, wenn immer möglich, auch einzuüben, z.B. bei der ökologischen Gestaltung der schulischen Umwelt. Durch reale Begegnung mit Ökosystemen werden Kriterien zur Erhaltung einer biologisch-ökologisch ausgerichteten Kulturlandschaft entwickelt.

Ziele und Inhalte	Hinweise / Stundenansätze
Sach- und Methodenkompetenz	

Erkundung eines Ökosystems	Praktikum-Methodenlernen- Projekt 6
Einblick in Ökosysteme durch die praktische Untersuchung eines Biotops und seiner Biozönose - Messung biotischer und abiotischer Faktoren - Vernetzung der Faktoren im Ökosystem - Biozönose : Aut- und Synökologie - Bioindikation im Vergleich mit chemisch-physikalischen Messmethoden	Beobachtungen in einem naturnahen oder naturfernen Ökosystem; Tier- und Pflanzenbestimmungen; orientierende Messungen einfacher ökologischer Faktoren, z.B. chemisch-biologische Wasseranalyse, Zeigerwerte nach ELLENBERG; Flechtenkartierung; vgl. »Aquatische« und »Terrestrische Ökosysteme« bzw. »Urbane Ökosysteme«

Dynamik von Ökosystemen	Erweiterungswissen - Modellbildung 6
Überblick der Struktur und Funktion von Ökosystemen - trophische Struktur (Nahrungsnetze) - Biomasse als Kopplung von Energieflüssen und Stoffkreisläufen - ökologische Prinzipien, z.B. Konkurrenzausschluss, THIENEMANNsche Regeln u.a. - Regulation des Fließgleichgewichts	Vertiefung von Grundlagen aus der Sek. I (Rolle der Produzenten, Konsumenten und Destruenten); begrenzende Faktoren und Kapazität; Modellierung (Kausalketten, Kausalnetze, Regelkreise); halbquantitative Darstellung (Pfeildiagramme); Einsatz graphikorientierter Modellbildungssysteme, z.B. Stella, Modus oder Simulationssoftware

Umweltschutz vor Ort	Erweiterungswissen - Projekt 6
Einblick in Tätigkeiten des Menschen, Ökosysteme zu stören, aber auch verantwortungsbewusst zu erhalten - Kopplung von Ver- und Entsorgung - Notwendigkeit und Grenze des technischen Umweltschutzes - nachhaltige Entwicklung als Ziel einer ökologisch ausgerichteten Ökonomie	Umweltprobleme einer weltweit wachsenden Menschheit lokal thematisieren, z.B. Trinkwasserversorgung-Abwasserentsorgung; Besuch von Einrichtungen des Umweltschutzes, handlungsorientierte Beiträge, z.B. die Gestaltung der schulischen Umwelt üben soziales und ökologisches Verhalten ein; vgl. »Urbane Ökosysteme«, »Forstwirtschaftliche Kulturen«

Mensch und Biosphäre	fachübergreifendes Projekt 6
Einsicht, dass nur eine nachhaltige Entwicklung als ökologische Bindung von Natur, Wirtschaft und Menschheit die Erhaltung der Biosphäre in Zukunft sichert - globale Vernetzung der Ökosysteme - Erhaltung der Biodiversität - Kriterien einer ökologisch ausgerichteten Ökonomie - Populationsdynamik am Beispiel der menschlichen Population - Weltmodelle, z.B. des Club of Rome	Diskussion aktueller Themen, 1998 z.B. Agenda 21 (Rio Gipfel), Global 2000, Grenzen des Wachstums; Weltmodelle; Diskussion mit Umweltgruppen, Bürgerinitiativen, Parteien u.Ä.; globale Fragen von Industrie-, Entwicklungs- und Schwellenländern; aktuelle Umweltprobleme: vgl. »Atmosphäre als Umwelt«

Produktionsbiologie	Erweiterungswissen - Modellbildung 3
Einblick in den Zusammenhang von Energiebilanzen und der Tragfähigkeit der Erde - Trophiestufen und ökologische Pyramiden (Zahlen, Biomasse, Energie) - Energiefluss in natürlichen und industriellen Systemen - Energieflussdiagramme und Energiebilanzen	Methoden der Pflanzenzucht, energieunterstützte Landwirtschaft; Erstellung von Ökobilanzen; Ernährungslage der Weltbevölkerung; vgl. »Terrestrische« bzw. »Aquatische Ökosysteme«; zur Anwendung vgl. »Landwirtschaftliche« bzw. »Forstwirtschaftliche Kulturen«

Populationsökologie	Vertiefungswissen - fachübergr. Projekt 3
Kenntnis des Wachstums und der Regulation von Populationen - Wachstumstypen von Populationen - dichteabhängige und dichteunabhängige Regulation von Populationen - Räuber-Beute-Beziehungen - Massenvermehrungen	Daten zur Dynamik von Populationen durch Laborversuche: Wasserlinsen, Chlorella, Hefe u.a.; Wachstumstypen: konstantes, lineares (MALTHUS) und nichtlinear-logistisches Wachstum (VERHULST); aktuelle Daten aus dem Internet; vgl. auch »Mensch und Biosphäre«

Zusammenleben in Biozönosen	Erweiterungswissen 3
Einsicht, dass es in der Biozönose verschiedene Strategien des Zusammenlebens gibt - Konkurrenz, Koexistenz, Symbiose, Parasitismus - Koevolution, z.B. Blütenökologie, Wechselbeziehung der Produzenten, Konsumenten und Destruenten bei der Evolution der Biosphäre	Die Evolution einzelner Lebensformen in ihrer Auswirkung auf die Entwicklung der gesamten Ökosphäre; vgl. GAIA-Hypothese« n. LOVELOCK; »Atmosphäre als Umweltfaktor«; Vernetzung mit dem Baustein »Populationsökologie«

Natur- und Kulturlandschaft	fachübergreifendes Projekt 3
Verständnis entwickeln, dass der Begriff »Natur« und »Kultur« zeitabhängigen Wertungen unterliegt - historisch gewachsene Kulturlandschaften, z.B. Heide, Trockenrasen, Wiese - tradierte Begriffe zur Umweltbeschreibung in biologischer Sicht, z.B. Ungeziefer, Unkraut, Raubtiere	Neben der rationalen Erfassung der Landschaft im Rahmen ökologischer Beobachtungen steht die emotionale Bewertung; ästhetische Aspekte der Umwelt lassen sich durch bewusste Wahrnehmung (gr. aisthesis) thematisieren und kritisieren; eine Zusammenarbeit mit dem sprachlich-künstlerischen Aufgabenfeld ist zweckmäßig

Licht und Wärme als Umweltfaktoren	Erweiterungswissen - Praktikum 3
Einblick in die Wechselbeziehungen von Licht und Wärme und Lebewesen - Optimumkurven - Licht, z.B. Schatten- und Sonnenpflanzen, Kurz- und Langtagpflanzen - Wärme, z.B. ALLENSche und BERGMANNsche Regel	Der Baustein bietet sich zur Erweiterung ökologischer Untersuchungen an; vgl. »Erkundung eines Ökosystems«, »Landwirtschaftliche« bzw. »Forstwirtschaftliche Kulturen«; Vertiefung der »Dynamik der Ökosysteme«; vgl. auch Bausteine zur Photosynthese in Leitthema 2

Wasser u. Salze als Umweltfaktoren	Erweiterungswissen - Praktikum 3
Einblick in die Wechselbeziehungen von Wasser, Mineralsalzen und Lebewesen - Pflanzen: z.B. Hydro-, Hygro-, Meso- und Xerophyten; Wassertransport - Tiere: z.B. Osmoregulation, Exkretion - Leben an extremen Standorten z.B. Flechten, Halophyten	Anbindung an Leitthema 1 und 2 im Rahmen ökologischer Untersuchungen, z.B. Untersuchung von Querschnitten verschiedener Blatttypen; Lebensformtypen bei Wasserinsekten; vgl. »Aquatische« oder »Terrestrische Ökosysteme« bzw. »Erkundung eines Ökosystems«

Terrestrische Ökosysteme	Vertiefungswissen - Projekt 3
Einblick in Struktur und Funktion, Belastung und Selbstreinigungskraft von Böden - Aufbau und Erhaltung der Böden; terrestrische Biozönosen - Belastung des Bodens durch sauren Regen - Kriterien einer biologisch verträglichen Bewirtschaftung von Böden	Gefährdung und Erhaltung des Bodens als Lebensgrundlage; Destruentennahrungsnetz durch BERLESE-Versuch exemplarisch zeigen; einfache chemische Bodenuntersuchungen und Niederschlagsmessungen; vgl. »Landwirtschaftliche« und »Forstwirtschaftliche Kulturen«

Aquatische Ökosysteme	Vertiefungswissen - Projekt 3
Einblick in die Struktur und Funktion, Belastung und Selbstreinigungskraft von Gewässern - Aquatische Biozönosen, Ufervegetation - Abwasserreinigung; Eutrophierung und Belastung der Meere - Kriterien einer biologisch verträglichen Nutzung und Bewirtschaftung	In Rheinland-Pfalz bietet sich z.B. das Rhein-Ökosystem als Fallbeispiel an; die Ökologie des Rheins ist durch zahlreiche Materialien gut dokumentiert; aktuelle Informationen liefert die Internationale Kommission zum Schutze des Rheins; Saprobien-system (biologische Wasseranalyse) zur Güteklassifizierung

Landwirtschaftliche Kulturen	fachübergreifendes Projekt	3
Einblick in die Probleme der Landwirtschaft - alternativer und konventioneller Anbau - Mono- und Mischkulturen - artgerechte Tierhaltung - Kriterien einer ökologisch ausgerichteten Landschaftswirtschaft	Vergleich eines konventionell und eines alternativ bewirtschafteten Betriebes (Exkursion); Auswirkung agrarpolitischer Maßnahmen, Vermarktung; regionale Besonderheiten, z.B. Weinbau; vgl. auch »Forstwirtschaftliche Kulturen« und »Terrestrische Ökosysteme«	

Forstwirtschaftliche Kulturen	fachübergreifendes Projekt	3
Einblick in das Prinzip der Nachhaltigkeit in der Forstwirtschaft - historische Entwicklung der Forstwirtschaft - neuartige Waldschäden - Kriterien einer ökologisch verträglichen Nutzung und Bewirtschaftung von Wäldern	Exkursion mit dem Förster; Aspekte und Probleme des heutigen Waldbaus; neuartige Waldschäden zeigen die Vernetzung des Ökosystems mit der Gesamtumwelt; vgl. »Atmosphäre als Umweltfaktor«, »Terrestrische Ökosysteme«	

Urbane Ökosysteme	fachübergreifendes Projekt	3
Einblick in die Struktur und Entwicklung urbaner Ökosysteme - Versorgung und Entsorgung - Grünräume und Spielplätze - Verkehr und Umweltbelastung - Kriterien einer ökologisch verträglichen Stadtplanung	Praktische Untersuchungen, z.B. Ruderalstandorte, Grünflächen, Mauern, Pflasterritzen; Messungen zur Luftqualität; zukunftsorientierte Stadtplanung, z.B. Aussprache mit Vertretern des städtischen Planungsamts, Perspektiven einer ökologisch sinnvollen Planung; Entwicklung eigener Konzepte; Öffentlichkeitsarbeit	

Atmosphäre als Umweltfaktor	fachübergreifendes Projekt	3
Einblick in komplexe Wechselbeziehungen zwischen Atmosphäre und Biosphäre - Entstehung der heutigen Atmosphäre durch die Lebewesen - Auswirkung anthropogener Emissionen auf die Atmosphäre, z.B. Ozonprobleme, Treibhauseffekt, neuartige Waldschäden	Die Wechselbeziehung zwischen Atmosphäre und Biosphäre ist eine evolutive Tatsache; vgl. »Zusammenleben in Biozönosen«; Zusammenhänge zwischen Emissionen und dem Energiestoffwechsel in natürlichen und vom Menschen beeinflussten Ökosystemen; vgl. »Mensch und Biosphäre«, »Urbane Ökosysteme«	

Eigenes Baustein-Thema:	3

Grundfach - Leitthema 4

»Information & Kommunikation bei lebenden Systemen«

Mit Stoff und Energie tauschen Organismen auch Informationen zwischen Innenwelt und Umwelt aus und kommunizieren mit Artgenossen. Fragen der Codierung biologischer Information, der *Biokommunikation* auf allen Ebenen des Lebens, sind Thema von Neurobiologie, Hormonphysiologie und Ethologie. Die *Humanethologie* legt darüber hinaus anthropologische Grundlagen eines biologisch fundierten Verständnisses subjektiver menschlicher Bedürfnisse im Rahmen ökologischer und gesellschaftlicher Prozesse.

Der Grundkurs vermittelt Fragestellungen, Methoden und Ergebnisse der verschiedenen Teildisziplinen der Verhaltensforschung. Da eine inhaltliche Reduktion erfolgen muss unter Berücksichtigung der Interessen der Schülerinnen und Schüler, sollte bei der Auswahl der Lernziele und Inhalte ein humanzentrierter Ansatz gewählt werden. Die Humanethologie erfasst nur Teilaspekte menschlichen Verhaltens, somit sollte auf Forschungsergebnisse anderer Humanwissenschaften hingewiesen werden. Neben der Vermittlung von Grundkenntnissen aus dem Bereich der Informationsverarbeitung werden Einblicke in neue Erkenntnisse zu den Themen Lernen, Gedächtnis und Bewusstsein gegeben. Praktische Übungen verdeutlichen Schülerinnen und Schülern Möglichkeiten, wie sie ihr eigenes Lernverhalten intensivieren können.

Ziele und Inhalte	Hinweise / Stundenansätze
Sach- und Methodenkompetenz	

Informationsverarbeitung	Orientierungswissen - Modellbildung 6
Kenntnis anatomischer Strukturen des menschlichen Nervensystems - Neuronen und Synapsen - Zentrales und peripheres Nervensystem Einblick in die Funktionsweise von Neuronen und Synapsen - elektrochemische und chemische Informationsweitergabe - Koordination mit dem Hormonsystem	Auswertung licht- und elektronenmikroskopischer Aufnahmen von Nervengewebe; Erläuterung der Funktionsweise anhand einfacher Schemazeichnungen; funktionelle Asymmetrie des Gehirns; Methoden der Hirnforschung: EEG, Ausfallerscheinungen bei Hirnstörungen, Computertomographie; Vertiefungen sind innerhalb der Bausteine »Lernen und Gedächtnis«, »Glück, Schmerz und Sucht« sinnvoll

Reizaufnahme und -beantwortung	Orientierungswissen - Praktikum 6
Überblick über die Reizaufnahme und -beantwortung - Bau und Funktionsweise eines Sinnesorgans - Anatomie und Funktionsweise der quergestreiften Muskulatur Einblick in steuernde und koordinierende Funktionen des Nervensystems - Koordination von Bewegungen - Reflexbögen - motorische Systeme	Vertiefung von Kenntnissen aus der Sekundarstufe I; vom Reiz zum Sinnesindruck: Transduktion und Verarbeitung sensorischer Signale; Motoneurone und Kontraktion der Skelettmuskulatur; Zusammenarbeit von Groß- und Kleinhirn

Lernen und Gedächtnis	Erweiterungswissen - Praktikum 6
Überblick über verschiedene Lernprozesse - einfache Lernformen, z.B. Konditionierungen, Habituation, Lernen am Erfolg / Misserfolg - komplexe Lernformen, z.B. Prägung, spontan neukombiniertes Verhalten Einblick in die Neurobiologie des Lernens - Gedächtnis - Erkenntnis, Intelligenz und Bewusstsein	Durchführung einfacher Lernversuche (Lerntypentests, Methoden des Lernens, Einfluss von Gefühlen auf den Lernerfolg, die Rolle des limbischen Systems); Neurotransmitter und Langzeitpotenzierung beim Menschen (vgl. »Glück, Schmerz und Sucht«); Diskussion des Intelligenzbegriffs; Intelligenz bei Tieren (Erlernen einer Symbolsprache); Vertiefung vgl. »Lernen«

Verhaltensvielfalt	Orientierungswissen - Methodenlernen 6
Einblick in Verhaltensdeterminanten - Fragestellungen und Methoden der Ethologie - Reflexe und Erbkoordination - Handlungsbereitschaft und deren Veränderung - Auslösereize und Filtermechanismen - Zusammenwirken endo- und exogener Verhaltensursachen - Sozialverhalten	Beobachtung und Beschreibung von Beispielen für weitgehend ererbte Kenntnisse und Fähigkeiten (Originalbegegnung, Film); Vorstellung ausgewählter Methoden zur Erfassung erbbedingten und erfahrungsbedingten Verhaltens (auch im Sinne einer wissenschaftshistorischen Betrachtung); Grenzen ethologischer Forschung; ethische Fragen der Forschung; Aspekte des Sozialverhaltens bei Mensch und Tier

Reizverarbeitung bei Pflanzen	Erweiterungswissen - Praktikum 3
Erkennen, dass auch Lebewesen ohne Nervensystem verschiedene Reize wahrnehmen und darauf reagieren können - Turgoränderungen, hygrokopische Bewegungen, Wachstumsbewegungen - Phytohormone	Durchführung und Auswertung einfacher Experimente oder, je nach Jahreszeit, Freilandbeobachtungen z.B. zu Geo- und Phototropismus, Phototaxis, Chemotaxis, Seismonastie (Springkraut, Sonnenblume, Mimose, Venusfliegenfalle, Sonnentau u.a.); Versuche mit Klinostaten u.a.); Registrierung mit dem Computer

Evolution der Informationsverarbeitung	Erweiterungswissen - Praktikum 3
Überblick über die Entwicklungsstufen - eines Sinnesorgans - des Nervensystems bei Wirbellosen und Wirbeltieren - von Verhaltensprogrammen	Beobachtungen zur Reizwahrnehmung bei Wirbellosen (die Auswahl des Sinnesorgans erfolgt entsprechend dem Pflichtbaustein »Reizaufnahme und -beantwortung«); Vergleich von Strategien der Informationsverarbeitung in der jeweils arteigenen Umwelt

Sozialverhalten des Menschen	Orientierungswissen - fachüb. Projekt 6
Einblick in Altruismus und Egoismus beim Menschen - sozialbindende Mechanismen - Territorialverhalten / Rangordnung - Aggressivität und Aggression - Vorurteile, Fremdenfurcht und Fremdenfeindlichkeit	Beobachtungen menschlichen Verhaltens; Multifunktionalität menschlichen Verhaltens (z.B. Sexualverhalten); Körpersprache; Rollenverständnis von Mann und Frau; Diskussion genetischer Determiniertheit menschlicher Verhaltenselemente; vgl. »Sozialverhalten bei Tieren«

Sozialverhalten bei Tieren	Orientierungswissen - Praktikum 3
Kenntnis von Kommunikation und ihrer Funktion für soziale Organisation - Sozialstrukturen - Signalformen und Kommunikation - Rangordnung, Revierverhalten - Multifunktionalität innerartlicher Aggression	Säugersozietaeten (Unterricht im Zoo); Tanzsprache der Bienen; Pheromone; sprachähnliches Verhalten beim Menschenaffen; Paarbildung, Paarbindung; Brutpflege; Aggressionskontrolle; Tötungshemmung / Tötung von Artgenossen

Wissenschaftshistorische Betrachtung	Erweiterungswissen 3
Einblick in die Geschichte der Verhaltenswissenschaften und ihrer Paradigmen - Behaviorismus - Klassische Ethologie - Humanethologie - Verhaltensökologie / Soziobiologie	Historischer Rückblick auf die Entwicklung der Verhaltenswissenschaften und ihrer Beiträge zum heutigen Biologieverständnis: SKINNER, PAWLOW, EIBL-EIBESFELD, WILSON; LORENZ und TINBERGEN (historische Bedeutung der Modelle)

Glück, Schmerz und Sucht	Erweiterungswissen - fachüb. Projekt 3
Einblick in das Belohnungssystem des Gehirns, Krankheiten sowie medikamentöse Regulation - Opioidpeptide und Opiatrezeptoren - Veränderungen der Erregungsleitung bzw. der Synapsenfunktion - Einfluss psychoaktiver Stoffe, Drogen	Einfluss des Belohnungssystems auf das Lernen; vgl. »Lernen und Gedächtnis«; Funktion von Endorphinen und Enkephalinen; Veränderungen des Schmerzempfindens durch psychoaktive Pharmaka; physische und psychische Abhängigkeit; Diskussion über Programme zur Suchttherapie

Stress	Erweiterungswissen 3
Einblick in physiologische Grundlagen der Stressreaktion und Strategien der Stressbewältigung - Ablauf einer Stressreaktion - Stressfaktoren - sozialer Stress bei Tieren - Stress beim Menschen - Eustress / Distress - Umgang mit Stresssituationen	Zusammenspiel von Hormon- und Nervensystem; stammesgeschichtliche Bedeutung der Stressreaktion; Wirkung von Dauerstress auf die Hormonproduktion (z.B. Dichtestress bei Kleinsäugetern); Stress- und Zivilisationskrankheiten beim Menschen; Erkennen eigener Stresssituationen und Möglichkeiten der Bewältigung

Lernen	Erweiterungswissen - Praktikum 3
Kenntnis verschiedener Formenerfahrungsbedingten Verhaltens - Nachahmung, Bildung von Traditionen - Werkzeuggebrauch - Imitationslernen beim Menschen - spontan neukombiniertes Verhalten - averbales Denken, Abstrahieren	Bedeutung primärer und sekundärer Verstärker für den Lernprozess; Durchführung eines Lernversuchs (z.B. Schulaquarium); Kombination verschiedener Lernformen; soziale Lerntheorie; »Intelligenzprüfungen an Menschenaffen« (KÖHLER), ergänzt durch neuere Forschungen zum zielorientierten bzw. vorausschauenden Handeln

Biologische Rhythmen	Vertiefungswissen	3
Einblick in circadiane und circannuale Rhythmen und ihre Bedeutung für Lebewesen - Schlaf und Traum - Winterschlaf - Regulation der Fortpflanzung	Messung endogener Rhythmen; Aufzeigen von endogen erzeugten Rhythmen für die Erhaltung lebender Systeme an ausgewählten Beispielen (z.B. Vogelzug, Einfluss von Hormonen auf die Fortpflanzung); Epiphyse; Auswirkungen von Desynchronisation (Jetlag, Schlafentzug)	

Soziobiologie / Verhaltensökologie	Orientierungswissen	3
Einblick in soziobiologische und verhaltensökologische Denkansätze - Gesamtfitness - Verwandtenselektion - Konflikte um Ressourcen - Reproduktionsvorteile bei verschiedenen Paarungssystemen	Fortpflanzung durch Fitnessmaximierung; reziproker Altruismus; Zusammenhang zwischen ökologischen Bedingungen, Anpassung und Reproduktionsverhalten (Kosten-Nutzen-Analyse des Verhaltens); Helfergesellschaften (kooperative Jungenaufzucht)	

Verhaltensentwicklung	Erweiterungswissen	3
Überblick über die Entwicklung des Verhaltens beim Menschen - Beziehung und Bindung des Säuglings an die Bezugsperson - Entwicklungsphasen bei Kindern und Jugendlichen	Wiederaufgreifen des Prägungsbegriffes hinsichtlich biologischer Bedeutung und genetischer Grenzen; Hospitalismus; Kinderbetreuung in verschiedenen Kulturkreisen; Sozialisationsphasen	

Verhaltensbeobachtung	Methodenlernen - Praktikum	3
Einblick in Methoden der Verhaltensbeobachtung - Vorgehensweise bei der Erstellung eines Ethogramms - Beobachtungskriterien - Klassifizierungen - Dokumentation	Freilandbeobachtungen (z.B. Wasservogel im Winter), Führungen im Zoo; Subjektivität / Objektivität / Vermeidung von Anthropomorphismen; Wiederholbarkeit von Beobachtungen; Beschreibung mittels technischer Hilfsmittel (Photo-/Video-/Tonbandaufnahmen)	

Eigenes Baustein-Thema:		3

Grundfach - Leitthema 5

»Vererbung & Selbstorganisation lebender Systeme«

Lebewesen besitzen im Unterschied zu allen anderen komplexen Systemen ihr eigenes, über Millionen Jahre optimiertes genetisches Programm. Zentrales Konzept der Biologie ist die *genetische Kontinuität* biologischer Systeme, der »Fluss der Erbinformation«, der durch individuelle Selbstorganisation organismische Gestalt annimmt. Komplementär zur Erhaltung der genetischen Information ermöglicht die *genetische Diskontinuität* (Mutation) in Wechselwirkung mit der Umwelt die modellhafte Interpretation der natürlichen Evolution, in die der Mensch durch *Bio-* und *Gentechnik* manipulierend eingreift.

Bei der Vermittlung von grundlegenden Inhalten und Fähigkeiten im Grundkurs ist es sinnvoll, sich am Menschen zu orientieren. Der geringere Zeiteinsatz und der damit verbundene Einsatz einfacher Modelle und Vorstellungen, besonders in der Molekulargenetik und der Gentechnologie, bergen die Gefahr einer zu oberflächlichen Behandlung dieser gesellschaftlich so relevanten Themen in sich. Durch Schwerpunktbildung mit Hilfe der Wahlpflichtbausteine ist eine entsprechende fachwissenschaftliche Vertiefung auch im Grundkurs möglich.

Ziele und Inhalte	Hinweise / Stundenansätze
Sach- und Methodenkompetenz	

Cytogenetik	Orientierungswissen 6
Kenntnis der Vererbungsregeln - Meiose - MENDELsche Regeln - Crossing-over, Genkopplung - geschlechtschromosomalgebundene Vererbung	Wiederholung der klassischen Genetik aus der Sekundarstufe I; Abweichungen von MENDELschen Regeln; Beurteilung von Mutationen (phylogenetische Weiterentwicklung, Gefahren durch ungünstige Mutationen, Mutationsraten); vgl. »Erbkrankheiten des Menschen«

Molekulargenetik	Orientierungswissen - Modellbildung 6
Einblick in Struktur und Funktion von Nukleinsäuren - Bau der Nukleinsäuren - Replikation - Mechanismus der Proteinbiosynthese - Umsetzung genetischer Informationen in Merkmale	Vorstellungen über Genexpression von Prokaryonten; vereinfachtes Modell der Proteinbiosynthese; Merkmalsausprägung als Ergebnis einer Stoffwechselkette, Stoffwechselerkrankungen; Betrachtung der Gene nicht als autonome Einheiten (kein unausweichliches Schicksal); zur Berücksichtigung äußerer Einflüsse vgl. »Immunbiologie«, »Krebs« und »Gene und Umwelt«

Grundlagen der Entwicklung	Orientierungswissen 6
Einblick in die Keimesentwicklung unter besonderer Berücksichtigung der menschlichen Entwicklung - Wachstum und Differenzierung - Embryonalentwicklung des Menschen - Schädigende Einflüsse auf die menschliche Entwicklung	Schwerpunkt ist die Embryonalentwicklung des Menschen; schädigende Einflüsse auf Embryo / Fetus durch Drogen (z.B. Alkoholembyopathie), Medikamente (z.B. Thalidomid), Infektionen (z.B. Röteln), ionisierende Strahlung; Unterscheidung von mutagenen und teratogenen Stoffen

Gentechnologie	Erweiterungswissen 6
Einblick in die Gentechnologie - Bakteriengenetik - Herstellungsmethode rekombinierter DNA - eine Methode der Genübertragung - gentechnologische Anwendungsbereiche Bewusstsein der Chancen und Risiken - Ethik der Gentechnologie	Erarbeitung gentechnologischer Arbeitsschritte; Differenzierung in Keim- und Somazellenmanipulation; Produktion von Stoffen; Optimierung von Pflanzen- und Tierzucht; Diagnostik und Therapie; Gentechnikgesetz; Bewertungsinstanzen; vgl. »Züchtung« und »Ethik und Technik«

Formen der Fortpflanzung	Erweiterungswissen - Praktikum 3
Einblick in Formen der Fortpflanzung - ungeschlechtliche Fortpflanzung - geschlechtliche Fortpflanzung (Oogenese, Spermatogenese) - Generationswechsel	vegetative Fortpflanzung bei Pflanzen (Stecklinge, Pfropfung, In-vitro-Kulturen) und Pilzen; Generationswechsel als Anpassung an periodische Umweltveränderungen

Züchtung	Erweiterungswissen - Projekt 3
Einblick in die Entstehung von Kulturpflanzen und Haustieren - Ziele der Züchtung - Züchtungsmethoden - Möglichkeiten und Grenzen	Aufzeigen der Bedeutung der Züchtung für die kulturelle Entwicklung des Menschen und der Grenzen an einem Beispiel aus der Tier- oder Pflanzenzucht; Exkursion zu einem Institut für Züchtung; Verantwortung des Menschen für Mitlebewesen; Weiterführung der klassischen Züchtung in der Gentechnik, vgl. »Gentechnologie«

DNA-Analyse	Erweiterungswissen 3
Einsicht in die Bedeutung der DNA-Analyse - Hybridisierung - Sequenzanalyse - Anwendungsbeispiel der Methode	Ein Beispiel aus der vielseitigen Anwendung in der medizinischen Diagnostik und der Arbeitsmedizin (gläserner Mensch, Human-Genom-Projekt), in der Kriminologie (forensische Spurenuntersuchung, DNA-Fingerprint) und in der Stammbaumforschung, vgl. Leitthema 6 »Evolution des Menschen«

Immunbiologie	Vertiefungswissen - Projekt 3
Einblick in Bau und Funktion des Immunsystems an einem aktuellen Beispiel - Bestandteile des Immunsystems - Infektion - Verlauf der Erkrankung - mögliche Therapien - infektionsvermeidendes Verhalten	z.B. HIV als Retrovirus; Unterscheidung von Latenzzeit, LAS, ARC und Manifestation; Chemotherapie; Immunisierung; fachübergreifendes Arbeiten mit Religion / Ethik

Gene und Umwelt	Erweiterungswissen 3
Einblick in das Zusammenspiel von Genen und Umweltfaktoren - Unterscheidung zwischen genetisch bedingter und modifikatorischer Varianz - Beurteilung von phänotypischen Varianzen	Erforschung umweltstabiler und umweltlabiler Merkmale (z.B. kritische Auseinandersetzung mit Zwillingsforschung); genetische Reaktionsbreite; Auseinandersetzung z.B. mit Aussagekraft von Familiendiagrammen, mit Ursachen für Krankheit und Gesundheit, mit genetizistischer Denkweise

Schlüsselprozesse der Entwicklung	Erweiterungswissen - Modellbildung 3
Einblick in die Wirkung von Hormonen auf die Entwicklung - molekulare Grundlagen der Hormonwirkung - Wirkung auf Entwicklungsprozesse - biotechnische Anwendung in Landwirtschaft und Medizin	Aufzeigen der Wirkung auf den Zellstoffwechsel, auf Pflanzen oder Tiere (z.B. Phytohormone, Ecdyson, Juvenilhormon, Somatotropin); Einsatz als Wuchsstoff, als Herbizid, zur medikamentösen Regulation des Körperwachstums; vgl. »Grundlagen der Entwicklung«

Ethik und Technik	Vertiefungswissen - fachübergr. Projekt 3
Einblick in die ethische Beurteilung eines biotechnologischen Verfahrens - Nutzen und Missbrauch, Nutzen und Nebenfolgen - Normen und Werte	Beurteilung eines Verfahrens der Fortpflanzungs- oder Gentechnologie; Ambivalenz solcher Verfahren; Verantwortung in einer Risikogesellschaft; mögliche Zusammenarbeit mit den Fächern Religion, Ethik und Sozialkunde; vgl. »Grundlagen der Entwicklung«, »Gentechnologie« und »Züchtung«

Alterungsprozesse	Erweiterungswissen 3
Einsicht in die biologischen Ursachen von Altern und Sterben - Programmtheorie - Beschädigungstheorien - soziale und psychische Faktoren	Hayflick-Grenze, Fehler bei der Proteinbiosynthese; Theorie der freien Radikale, Reparatur-Theorie, Globaltheorie (z.B. Immunaltersschwäche, Autoimmunreaktionen, nachlassende Hormonproduktion); Einfluss von Ernährung

Krebs - Gene außer Kontrolle	Erweiterungswissen 3
Einblick in die Entstehung, Erkennung und Behandlung von Krebs - Phasen eines Krebsgeschehens - Zusammenhang zwischen Lebensweise und Krebserkrankung - Diagnoseverfahren, Therapien	Belastung durch unterschiedliche Einflüsse; Einfluss von Co-Kanzerogenen; Wirkung von Onkogenen und inaktiven Tumor-Supressor-Genen; Metastasierung; Zusammenhang mit Ernährung (z.B. Darmkrebs); Bedeutung der Vorsorgeuntersuchung

Manipulation der Fortpflanzung	Erweiterungswissen 3
Einsicht in die Möglichkeiten der Manipulationen der Fortpflanzung - Insemination, Fertilisation, Klonen, Transfer - Schwangerschaftsabbruch - gesetzliche Regelungen	Diskussion der Konflikte und gesetzlichen Regelungen (z.B. Vaterschaft bei heterologer Insemination, Leihmutterschaft, § 218, Embryonenschutzgesetz); vgl. »Formen der Fortpflanzung« und »Züchtung«

Allergien	Erweiterungswissen 3
Einblick in Verlauf und Bedeutung von allergischen Reaktionen - anaphylaktische Reaktionen - Autoimmun-Erkrankungen - Immunkomplex-Überreaktionen	Anwendung der allgemeinen Kenntnisse über Immunreaktionen; Diskussion über Zusammenhang der Zunahme von Allergien mit Umweltveränderungen (neue Werk-, Wirk- und Zusatzstoffe); Diagnose- und Behandlungsmöglichkeiten; vgl. »Immunbiologie«

Erbkrankheiten des Menschen	Erweiterungswissen 3
Einblick in Verlauf, Diagnose und Therapie von Erbkrankheiten des Menschen - Ableitung, Anwendung und Erweiterung der MENDELschen Regeln - Stammbaumanalysen - Genomanalysen	Vertiefung der klassischen Genetik aus der Sekundarstufe I, z.B. durch Lesen der Originaltexte MENDELs, Computersimulationen, Fallanalysen; Auswertung von Karyogrammen, pränatale Diagnostik, Zusammenarbeit mit humangenetischen Instituten, Möglichkeiten der genetischen Beratung; Aufstellen von Genkarten

Eigenes Baustein-Thema:	3

Grundfach - Leitthema 6

»Entstehung & Veränderung lebender Systeme«

Die Evolutionstheorie erklärt einerseits die durchgängige Stabilität struktureller und funktioneller Systemeigenschaften des Lebendigen, andererseits auch die hohe Diversität der Lebensformen auf allen Organisationsebenen. Besonders dringend stellt sich die Frage nach der Entstehung von Leben und den Lebensprinzipien heute, wo der Mensch beginnt, Genotypen zu verändern. Basiswissen über Evolution und ihre genetischen Grundlagen qualifiziert zur kritischen Beurteilung technischer Eingriffe des Menschen in die Biosphäre.

Im Grundfach wird auf eine intensive, wissenschaftstheoretische Reflexion und Prüfung der Evolutionstheorie verzichtet. Die einzelnen Bausteine geben einen Überblick über die Stammesgeschichte der Lebewesen, insbesondere des Menschen und die Vielfalt menschlicher Selbstdeutungen. Exemplarisch werden Methoden, Theoriebildung und Modelle aufgezeigt und zusammenfassend der aktuelle Wissensstand erarbeitet. Übergreifende Aspekte werden stärker herausgestellt und evolutionsbiologische oder anthropologische Fragestellungen an verallgemeinerbaren Beispielen verdeutlicht.

Ziele und Inhalte	Hinweise / Stundenansätze
Sach- und Methodenkompetenz	

Entstehung der Artenvielfalt	Orientierungswissen	6
Einblick in die Evolutionstheorien - LAMARCK, DARWIN, Synthetische Evolutionstheorie - Zusammenwirken der Evolutionsfaktoren: Mutation, Variation, Rekombination, Selektion, Gendrift, Isolation - Art und Artenbildung	Formenvielfalt und Verwandtschaft (Auswertung von Sammlungsmaterial); Variation, Vererbung und Fitnessunterschiede; Besuch paläontologischer Museen (z.B. Naturhistorisches Museum Mainz, Senckenberg-Museum Frankfurt)	

Abstammung und Verwandtschaft	Orientierungswissen	6
Kenntnis von Belegen für die Evolution - Homologien, Analogien - Beiträge und Belege zur Evolution aus: Embryologie, Molekularbiologie, Paläontologie Einblick in Anpassungsleistungen - Nischenbildung - Koevolution	Unterricht im Museum; Hinweise für Verwandtschaftsbeziehungen; Wiederaufgreifen und Vertiefung des Systems der Lebewesen; vgl. Leitthema 1 »Systeme des Lebendigen«; Beispiele für rezente Anpassungen: Blütenmimikry, Brutparasiten	

Evolution des Menschen	Orientierungswissen	6
Kenntnis der Evolution des Menschen - Vergleich Pongidae - Hominidae - Modelle zum Hominidenstammbaum - Fossile Dokumente der Menschwerdung - Hominisation - Eigenart des Menschen: z.B. Weltoffenheit, Instinktreduktion, aufrechter Gang, Mängelwesen, Kosmopolit - Evolutionsökologie	Einordnung des Menschen in das natürliche System der Lebewesen; Anpassungen an neue Lebensräume, anatomisch-physiologische Entwicklungen; Stammbaumforschung (Eva-Hypothese); Primatenbeobachtungen in einem Zoologischen Garten; der Mensch als »sekundärer Nesthocker im sozialen Uterus« (PORTMAN); Komplementarität von Umwelt und Innenwelt (v. UEXKUELL)	

Erdgeschichte und Geschichte des Lebens	Orientierungswissen	6
Einblick in Hypothesen der chemisch-physikalischen Evolution und der Evolution der Zelle - Entstehung des Universums und der Erde - Entstehung organischer Moleküle - Endosymbiontentheorie Einblick in die Entfaltung der Lebewesen in den einzelnen Erdzeitaltern - Fossilisation und Datierung - Stammbäume	Theorien zur Urzeugung und Selbstordnung der Materie; Evolution als Systemoptimierungsprozess; Entwicklung der Atmosphäre und des Energiestoffwechsels; vgl. Leitthema 2 »Chemosynthese«; »Gärung und Atmung - Theorie«; Aufstellen von Stammbäumen; Aussterben von Tier- und Pflanzengruppen; Exkursionen (Fundorte), Museen; Probleme der Datierung	

Wissenschaftstheoretische Reflexion der Evolutionstheorie	Vertiefungswissen	3
Überblick über Anforderungen an Theorien und Möglichkeiten der wissenschaftstheoretischen Beurteilung der Qualität einer Theorie - Kriterien zur Beurteilung - Auseinandersetzung mit den Einwänden gegen die Evolutionstheorie	Unterschiede zwischen Ideologien und wissenschaftlichen Theorien; Grenzen der Biologie; Fragestellungen und interdisziplinäre Ansätze zwischen Biologie und Philosophie; Biologie als Metadisziplin	

Modelle zur Evolution	Orientierungswissen	3
Einblick in evolutionsbiologische Theoriensysteme - Frankfurter Theorie - GAIA- Hypothese - Weiterentwicklung der Darwinschen Theorie	Organismen als Energiewandler; molekulargenetische Erweiterungen der Darwinschen Theorie; Kreationistische Kritik an der Evolutionsbiologie; Schöpfungsgeschichtliche Erklärungen der Natur; Schöpfungsmythen	

Soziobiologie	Vertiefungswissen	3
Einblick in soziobiologische Thesen und Theoriebildung - das Wechselspiel zwischen Natur und Kultur in der Entwicklung der Menschheit - Bedeutung der Gesamtfitness - exemplarische Behandlung von soziobiologischen Erklärungsansätzen für das menschliche Verhalten	Egoistische Gene; Homo politicus / Zoon politicon; Kulturbildung und "Pseudospeziation"; Gen/Kultur-Koevolution; Beispiel Karpathos-Bauern; Kritik an soziobiologischen Thesen	

Primatenradiation	Vertiefungswissen	3
Einblick in die stammesgeschichtliche Radiation der Primaten - Entwicklungslinien - Fossilfunde - Belege und Argumentationen für den derzeitigen Theoriestand	Merkmale, die neue Entwicklungsschritte oder Entwicklungsrichtungen kennzeichnen; aktueller Forschungsstand	

Der Mensch - zwischen Freiheit und Normen	Vertiefungswissen - fachübergr. Projekt	3
Einsicht in Bedeutung und Grenzen der menschlichen Willensfreiheit - Willensfreiheit oder Determiniertheit - Werte und Normen als Instinktersatz - Normensysteme in menschlichen Gesellschaften	Faktoren menschlichen Handelns, Notwendigkeit und Grenzen von Normen und Werten; der Mensch als "Marionette der Evolution"? (Evolutionäre Ethik; egoistische Gene); Spannungsverhältnis zwischen Freiheit und Verantwortung; Prinzip der Gegenseitigkeit	

Gehirn und Geist	Vertiefungswissen - fachübergr. Projekt	3
Überblick über die Bedeutung des Geistes für das Humanum - das Bewusstsein und seine neurobiologischen Entsprechungen - die Sprache des Menschen - Erkenntnis und Selbsterkenntnis	Zusammenhang zwischen Gehirnprozessen und geistigen Prozessen; Monismus / Dualismus; Besonderheiten der menschlichen Sprache; die Entwicklung des menschlichen Selbstbewusstseins; Bewusstsein bei Tieren?; Rolle der Vernunft; Evolutionäre Erkenntnistheorie; Repräsentationismus / Konstruktivismus	

Die Zukunft des Menschen	Orientierungswissen	3
Einblick in die Zukunftsprognosen für die Entwicklung der Menschheit - Lebenserwartung und Bevölkerungsentwicklung - Umwelt und Ressourcen - Frieden und Kooperation	Demographische Aspekte und ihre möglichen Konsequenzen; Erklärungsversuche, mögliche Maßnahmen und Steuerungen werden diskutiert; Homo prodictus, der Mensch als Verschwender; Weltmodelle, Möglichkeiten der Computersimulation	

Die Sprache des Menschen	Vertiefungswissen - fachübergr. Projekt	3
Überblick über Entwicklung und Bedeutung der Sprache für das Humanum - die physiologischen und anatomischen Voraussetzungen der Sprache; - Neurobiologie der Sprache - die Funktionen der menschlichen Sprache im Vergleich zu Tiersprachen - Denken und Sprache	Beliebigkeit der Zeichen; syntaktisch-semantische Doppelfunktion der Sprache; Spracherwerb beim Menschen; Sprache und Bewusstsein; nichtsprachliche Kommunikation; Sprachfamilien der Erde; Sprachstörungen, Sprachfehler; Bedeutung des Dialekts	

Der Mensch als Schaffender	Vertiefungswissen - fachüb. Projekt 3
Überblick über die Bedeutung und die Voraussetzungen der Werkzeugherstellung und Werkzeugbenutzung - Phasen der Technikentwicklung - Veränderungen von Habitat, Territorialität, Nahrungsterritorium	Homo faber: Entwicklung des Werkzeuggebrauchs; Folgen der Werkzeugbenutzung; Mensch als Homo oeconomicus; Methoden der Technikbewertung und der Technikfolgenabschätzung; Ethik-Codizes für Wissenschaftler, Techniker, Ingenieure

Der Mensch als Spielender	Vertiefungswissen - fachüb. Projekt 3
Einblick in biologische Mechanismen und Interpretationen des menschlichen Spiels - Spiele in der Entwicklungsgeschichte der Menschheit - Entwicklung des Spiels beim Kind - Spiel als Entwicklungsförderung durch physiologisches, kognitives und soziales Training	Vergleich Spiele bei Tieren / beim Menschen; Spiele als Entwicklungsförderung oder als Luxushandlung; vom gemeinsamen Spiel zum Computerspiel; Verlust an sozialer Spielkompetenz durch Individualisierung des Spiels; Spiel gegen Langeweile; Spiel und Humor; Spielsucht

Der Mensch als Liebender	Vertiefungswissen - fachüb. Projekt 3
Einsicht in die zentrale Rolle der Liebe im Leben des Menschen - Liebe und Sexualität - Liebe zwischen Kind und Eltern - Nächsten- und Fernstenliebe - hetero-, homosexuelle Liebe	Der Einfluss der Kindheit bei der Entwicklung der Liebesfähigkeit; soziale Normierungen des Sexualverhaltens; Methoden der Konfliktbewältigung

Der Mensch als Erkennender	Vertiefungswissen - fachüb. Projekt 3
Einblick in Grundlagen und Grenzen menschlicher Erkenntnisfähigkeit - Denken und Erkennen als Leistungen des menschlichen Gehirns - Mesokosmos als kognitive Nische - Orientierung in Raum und Zeit	Evolution der menschlichen Erkenntnisfähigkeit; Passung des Erkenntnisapparats; nichtlineare Zusammenhänge, Zufallsergebnisse, komplexe Systeme als Beispiele für eingeschränkte Zuverlässigkeit unserer kognitiven und affektiven Mechanismen; Wahrheit und objektive Erkenntnis

Eigenes Baustein-Thema:	3

5. Leistungsfach

Leistungsfach - Leitthema 1

»Struktur & Funktion lebender Systeme«

Struktur (auch Bau, Form, Gestalt) und Funktion sind *komplementäre Aspekte* von Organismen, aber auch von anderen komplexen Systemen der natürlichen und gebauten Welt. Die Form oder Gestalt eines Systems ist meistens unmittelbar mit Prozessen und Aufgaben verbunden. Die systemtheoretische Analyse vermittelt ein Verständnis von Struktur und Funktion auf verschiedenen Ebenen biologischer Organisation und erklärt die Form von ihrer Funktion her und umgekehrt.

Obwohl die Zelle als »kleinstes System des Lebens« einen exemplarischen Schwerpunkt des Leitthemas 1 bildet, sollte der Blick auch auf andere Systemstufen lebender Systeme gerichtet bleiben (vgl. Abb. 1). Ein Überblick über die »Systeme des Lebendigen« vernetzt die verschiedenen Systemstufen und zeigt die gemeinsamen »Prinzipien des Lebens«. Bioenergetik und Biochemie bilden zwar das Fundament für ein tiefergehendes Verständnis des Lebendigen, sind aber kein Selbstzweck des Biologieunterrichts. Im Leistungsfach ist eine wissenschaftstheoretische Einführung in empirisch-experimentelle Methoden und in die Modellbildung dynamischer Systeme zu leisten, um den Zusammenhang zwischen Einzelphänomenen und biologischen Theorien zu verdeutlichen.

Ziele und Inhalte	Hinweise / Stundenansätze
Sach- und Methodenkompetenz	

Systeme des Lebendigen	Erweiterungswissen - Praktikum	10
Kenntnis der Systemebenen »Moleküle, Zellen, Organismen und Biozöosen« - Pro- und Eukaryonten - Ein- und Vielzeller: Lichtmikroskopische Übungen - Grundbaupläne von Tieren, Pflanzen und Pilzen - Ökologische Beziehungen in der Biozönose: Produzenten, Konsumenten, Destruenten	Systembegriff (Elemente, Wechselwirkungen, Systemeigenschaften); hierarchische Struktur des Lebendigen; Dynamischer Lebensbegriff: »Die Formen des Lebendigen sind nicht, sie geschehen« (L. v. BERTALANFFY); 5-Reich-System nach WHITTAKER als ein mögliches Orientierungsschema; Vernetzung mit »Cytologische Grundlagen«, Lebensformtypen	

Cytologische Grundlagen	Orientierungswissen - Praktikum	10
Kenntnis des Baus der Zelle und grundlegender Wechselwirkungen mit der Umwelt - Auswertung licht- und elektronenmikroskopischer Bilder - Biomembranen und ihre Modellierung - Kompartimentierung - Diffusion, Osmose, Plasmolyse, Turgor - TRAUBESche und PFEFFERSche Zellen als einfache Modelle für Zellen - aktive und passive Transportvorgänge, Carrier	Vertiefte Behandlung einzelner Zellorganellen erst im Rahmen der Stoffwechsellodynamik, Ökologie und Genetik; Bau, Leistung und Grenzen von Licht- und Elektronenmikroskop (siehe auch »Elektronenmikroskopie«); Mikroskopische Übungen; Ionenfallenmechanismus; Anwendungsbeispiele aus dem Alltag; Nahrungsvakuolen; pulsierende Vakuolen; Vertiefungen möglich in »Histologie«, »Biomembranen«, »Wasserhaushalt«	

Molekulare Grundlagen	Orientierungswissen - Methodenlernen	10
Kenntnis molekularer Strukturen und ihrer Funktionen im Organismus - Proteine, Kohlenhydrate, Lipide - Kondensation und Hydrolyse als biologische Polymerreaktionen - Wasser als Reaktionspartner, Transport- und Lösungsmittel; Löslichkeit Überblick über Bau, Funktionen und Wirkungsweise von Enzymen - Bau von Enzymen, Enzymklassen - Substrat- und Wirkungsspezifität	Baukonzept und Grundreaktionen der Polymeren stehen im Zentrum, keine umfassende Biochemie; Einbindung chemischen Wissens in strukturelle und funktionelle Zusammenhänge lebender Systeme; vgl. »Cytologische Grundlagen«, »Biomembranen«, »Ernährung«, »Bioenergetische Grundlagen«; räumlicher Bau aktiver Zentren; Enzymregulation vgl. Leitthema 2: »Gärung und Atmung - Theorie«	

Bioenergetische Grundlagen	Erweiterungswissen	10
Verständnis der Organismen als Energiewandler im Energiefluss offener Systeme - Aspekte der Energie: Erhaltung, Transport, Umwandlung, Entwertung - Entropie und Irreversibilität - Biophysik des Fließgleichgewichts - Kopplung exergonischer und endergonischer Reaktionen, ATP-Prinzip - Enzymatik unter energetischem Aspekt - Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von Temperatur, pH-Wert u.a.	Ohne Grundkenntnisse in der Energetik ist kein tieferes Verständnis der Lebensvorgänge möglich; Entwertung bezieht sich auf Veränderung der Energiequalität; eine Vernetzung energetischer und biologischer Begriffe ist anzustreben; qualitative und quantitative Experimente zur Enzymatik; vgl. »Molekulare Grundlagen«; Verbindung mit Bausteinen des Leitthemas 2: »Ernährung«, »Atmung und Gärung - Theorie« o.a.	

Histologie	Praktikum - Methodenlernen	5
Vertiefter Einblick in den Bau von Zellen und Geweben - Analyse komplexer Fertigpräparate - Präparation und Anfertigung von mikroskopischen Schnitten; Vitalfärbungen - Biologische Zeichentechniken	Messung von Zellgrößen im Lichtmikroskop; histologische Beobachtungen nicht als Selbstzweck, sondern im Kontext ökologischer, anatomischer und physiologischer Fragen, z.B. Feinbau von Leitgewebe im Rahmen des Wasser- und Mineralsalzhaushalts von Pflanzen; vgl. »Cytologische Grundlagen«, »Wasserhaushalt«	

Elektronenmikroskopie	Erweiterungswissen - Methodenlernen	5
Überblick über Bau und Funktionsweise eines Elektronenmikroskops - Strahlenerzeugung und Strahlengang - Herstellung von EM-Präparaten - Vergleich von Licht- und Elektronenmikroskopen - Möglichkeiten und Grenzen verschiedener EM-Techniken	Filme über die Herstellung und Aufnahme von EM-Präparaten; Exkursion in ein elektronenmikroskopisches Labor mit Vorführung; keine isolierte Behandlung der Technik, Anbindung an konkrete Fragestellungen; vgl. »Cytologische Grundlagen« und »Histologie«; Rastertunnelmikroskop	

Biomembranen	Praktikum - Modellierung	5
Fähigkeit, aus experimentellen Befunden Modelle von Biomembranen zu konstruieren - von der Porenmembran zum Fluid-Mosaik-Modell - Membranlipide und Membranproteine, Carriermoleküle - Zellkommunikation	Wissenschaftshistorische Entwicklung verschiedener Membranmodelle; Demonstration des Wegs vom Phänomen zum Modell; Ölfleckversuch zur Abschätzung der Dicke einer Lipidschicht; Endo- und Exocytose zur Verdeutlichung von Fließbewegungen; weitere Funktionen biologischer Membranen	

Wasserhaushalt	Erweiterungswissen	5
Überblick über die Regulation des Wasserhaushaltes eines biologischen Systems, z.B. - Aufnahme, Transport und Abgabe von Wasser und Ionen in Pflanzen, Funktion der Transpiration, Regulation der Stomatabewegung - Aufbau und Funktion der Niere bei Säugern unterschiedlicher Klimaregionen	Streusalzproblematik; kontraktile Vakuolen (Vergleich von Paramecien in Süß- und Meerwasser); Pneuprinzip und hydraulisches Prinzip bei der Formentwicklung; vg. »Biomembranen«; Transportvorgänge bei Atmungs- und Ausscheidungsprozessen	

Chemische Grundlagen	Orientierungswissen	5
Kenntnis biologisch relevanter Elemente und ihrer Bindungsfähigkeit - C, H, O, N, S, P - intra- und intermolekulare Bindungen - Säuren, Basen, Salze; pH-Wert Überblick über organische Stoffklassen anhand funktioneller Gruppen (Hydroxy-, Carbonyl-, Carboxy- und Aminogruppe)	Wiederholung von Grundwissen aus der Sekundarstufe I; ein einfaches Atommodell reicht (n. KIMBALL oder Elektronenpaarabstoßungsmodell); auf die Anbindung an biologische Fragestellungen ist zu achten; Reaktivität; Löslichkeitsverhalten; Nachweisreaktionen in Naturstoffen	

Lebensformtypen	Orientierungswissen - Praktikum	5
Kenntnis der Kategorien der Systematik Einblick in Bestimmungsmethoden Fähigkeit zur Einordnung von Organismen in taxonomische und ökologische Kategorien unter evolutivem Aspekt - Systematische Kategorien - Bestimmungsübungen	Einteilungen nicht als starre Systeme verstehen, den Einfluss neuere Erkenntnisse berücksichtigen; Tier- und Pflanzenbestimmungen im Rahmen von Freilandarbeiten; Artenkenntnis als Grundlage für Artenschutz; vgl. »Systeme des Lebendigen«, Anbindung auch an »Erkundung eines Ökosystems« möglich	

Wachstum	Orientierungswissen - Projekt	5
Ableitung von Wachstumstypen und Algorithmen aus experimentellen Daten - Grundtypen von konstantem, exponentiellem und logistischem Wachstum - Zustands- und Ratengrößen - Zeitreihen und Phasendiagramme - Modellierung, Algorithmisierung und Parametrisierung	<i>Experimente - Phänomene:</i> Langzeitversuche zur Keimung und zum Wachstum, Datenauswertung manuell und mit Software (Tabellenkalkulation); <i>Modelle - Simulationen:</i> Tabellenkalkulation, interaktive Graphikprogramme; Entwicklung einfacher Computerprogramme; vgl. »Modellbildung«	

Prinzipien des Lebens	Orientierungswissen	5
Einblick in grundlegende Prinzipien der Selbstorganisation lebender Systeme - Unterschied zwischen Merkmalen und Prinzipien - Lebensprinzipien im Überblick - Diskussion der Prinzipien an ausgewählten Beispielen	Lebensprinzipien (z.B. Polaritäts-, Verwandlungs-, Ordnungs-, Autonomie-, Komplexitäts-, Variations-, Adaptations-, Bewertungs-, Bewegungs-, Begrenzungs-, Deutungs- und Reproduktionsprinzip (s. Lit.) erweitern die Merkmale des Lebens und zeigen die Eigenart von biologischen im Vergleich zu unbelebten Systemen	

Dynamische Systeme	fachübergreifendes Projekt	5
Einblick in die Selbstordnung bzw. Selbstorganisation dynamischer, nichtlinearer Systeme der belebten und unbelebten Natur - Prinzipien dynamischer Systeme: Offenheit, Ungleichgewicht, Energiedissipation, Irreversibilität, Nichtlinearität, Rückkopplung und Evolutionsfähigkeit - dissipative und konservative Strukturen - deterministisches Chaos	<i>Prinzipien:</i> dienen als Einführung in die theoretische Biologie auf naturwissenschaftlicher und wissenschaftstheoretischer Grundlage <i>Modellexperimente:</i> Kerzenflamme, oszillierende Reaktionen; Datenreihen führen zur Modellierung und Computersimulation; vgl.»Modellbildung«	

Fraktales Wachstum	Methodenlernen - Projekt	5
Verständnis, dass die fraktale Dimension in Erweiterung der euklidischen einen neuen Zugang zur biologischen Form- und Musterbildung ermöglicht - Selbstähnlichkeit und Skaleninvarianz - euklidische und fraktale Dimensionen - Isometrie und Allometrie	<i>Experimente - Phänomene:</i> Demonstration fraktaler Formen (Farne, Wurzeln, Organe u.Ä.); Modellversuche zu Fraktalen <i>Modelle - Simulationen:</i> Bestimmung der fraktalen Dimension mit dem BOX-Counting -Verfahren; Chaospiegel, zelluläre Automaten, Aktivator-Inhibitormodell; s. PEITGEN et al. 1992, 1994	

Phyllotaxis - Formbildung bei Pflanzen	Methodenlernen - Projekt	5
Einblick in den Weg vom Phänomen, über die Datenerfassung zur Modellbildung und Simulation - Analyse von Blattstellungen, Blüten- und Fruchtständen - Zeichnerische Darstellung erkannter Gesetzmäßigkeiten - Modelle und einfache Algorithmen	<i>Experimente - Phänomene:</i> Zeichnungen und Messungen an Blüten, Blättern, Früchten, Verzweigungen; <i>Modelle - Simulationen:</i> Umsetzung der Algorithmen in einfache Simulationsprogramme; Verwendung der Tabellenkalkulation (s. Lit.); vgl. »Modellbildung«, »Fraktales Wachstum«	

Modellbildung	Methodenlernen - Projekt	5
Einblick in Methoden der Modellbildung und Simulation mit dem Computer - lineare und vernetzte Strukturen - Kreisstrukturen (Regel-, Aufschaukelungs- und Konkurrenzkreis) - Algorithmusbegriff - der Weg vom Modell zur Simulation	Wiederholungen und Fortführung der ITG aus der Sekundarstufe I (vgl. »Lehrplan ITG«); Arbeit mit Modellbildungssystemen, z.B. Modus, Stella, DynaSys u.a.; Erstellung von Simulationsprogrammen in einer einfachen Programmiersprache; vgl. »Dynamischen Systeme«, »Fraktales Wachstum«, »Phyllotaxis«	

Eigenes Baustein-Thema:		5

Leistungsfach - Leitthema 2

»Stoffwechsel & Energiefluss lebender Systeme«

Komplexe Systeme tendieren zu ungeordneten Zuständen. Lebende Systeme benötigen daher eine dauernde *Energieaufnahme*, um ihre Struktur und Funktion zu erhalten. Aufnahme, Speicherung, Umwandlung und Entwertung von Energie sind mit Stoffwechsel verbunden, der von der molekularen bis zur ökologischen Ebene die Lebensprozesse trägt. Das vereinheitlichende Konzept von *Materiekreislauf* und *Energiefluss* bildet gleichzeitig die Basis für ein ökonomisch-technisches Verständnis der heutigen Zivilisation.

Im Leistungsfach lassen sich molekularbiologische Aspekte der modernen Biologie im Rahmen der Stoffwechseldynamik exemplarisch vertiefen. Die Aufklärung molekularer Mechanismen zeigt dabei den Weg der Forschung auf. Allerdings verdeutlichen erst die Prinzipien der Energiefixierung und Energietransformation die Besonderheiten struktureller Aspekte des Metabolismus (Stoffwechselzyklen, Stoffwechselketten).

Experimente stellen den lebensweltlichen Bezug zur Ernährung, Atmung, Biotechnik u.Ä. her. Neben der Anbindung an humanbiologische Fragestellungen (Grund- und Leistungsumsatz, Gesundheit - Krankheit, Sportphysiologie u.Ä.) bietet sich auch eine Vernetzung der Bausteine mit dem Leitthema 2 im Rahmen der Ökologie (trophische Struktur, Bioproduktion u.Ä.) an.

Ziele und Inhalte	Hinweise / Stundenansätze
Sach- und Methodenkompetenz	

Gärung und Atmung - Theorie	Orientierungswissen - Modellbildung 10
<p>Überblick über energieliefernde Reaktionen und Kenntnis der Mechanismen oxidativer Energiegewinnung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Glycolyse - Alkoholische Gärung, Milchsäuregärung - Feinbau der Mitochondrien - Oxidative Decarboxylierung, Citratzyklus und Endoxidation - chemiosmotische Theorie von MITCHELL - Enzymregulation 	<p>Stoffwechselprozesse vereinfachen: wesentlich ist das Verständnis der Energiegewinnung durch Bereitstellung von Reduktionsäquivalenten für die Endoxidation, dabei Abbau der Kohlenstoffkette, CO₂-Produktion, Regeneration der Rezeptormoleküle; Regulationsmöglichkeiten (Endproduktthemmung); Aufbau eines Protonen-Konzentrationsgefälles; Vergleich mit der Thylakoidmembran; Endosymbionten-Theorie; siehe »Photosynthese-Theorie«</p>

Gärung und Atmung - Praktikum	Praktikum - Methodenlernen - Projekt 10
<p>Erwerb von Kenntnissen und Fertigkeiten zur Planung und Durchführung qualitativer und quantitativer stoffwechselphysiologischer Experimente</p> <ul style="list-style-type: none"> - Versuche zur Atmung und Gärung - Beobachtungen und Messungen zum Stoffwechsel, z.B. Nahrungsaufnahme bei Kleintieren, Grund- und Leistungsumsatz, Keimung und Wachstum bei Pflanzen 	<p>Projektorientierung durch biotechnologische Aspekte, z.B. Wein-, Bier- und Käseproduktion; experimentelle Zugänge; zusätzliche Betriebsbesichtigungen und Exkursionen auch in Zusammenarbeit mit anderen Fächern; vgl. »Biotechnologie der Gärung«, »Grund- und Leistungsumsatz«; Evolutive Aspekte; Abhängigkeit vom Lebensraum</p>

Photosynthese - Theorie	Orientierungswissen - Modellbildung 10
<p>Erweiterte Kenntnisse über</p> <ul style="list-style-type: none"> - Feinbau der Chloroplasten - lichtabhängige Reaktionen (Photolyse, NADPH+H⁺ als Reduktionsäquivalent, Photophosphorylierung, Kopplung von Elektronen- und Protonentransport an der Thylakoidmembran) - lichtunabhängige Reaktionen - Bilanzrechnungen und Wirkungsgrade - Abhängigkeit von Temperatur und Lichtqualität 	<p>Lichtsammelfallen; Redoxbegriff und chemiosmotische Hypothese von MITCHELL; Energietransformation als Aufbau einer chemischen Potentialdifferenz; Energiefixierung als Speicherung des Wasserstoffs am Kohlenstoffgerüst (CALVIN-Zyklus in Übersichtsdarstellung als CO₂-Assimilation unter Verbrauch von ATP und Reduktionsäquivalenten; Regeneration des Akzeptormoleküls); lichtinduzierter Protonentransport bei Halobakterium; vgl. »Photosynthese-Spezialisten«, »Chemosynthese«</p>

Photosynthese - Praktikum	Praktikum - Methodenlernen 10
<p>Erwerb praktischer Fähigkeiten zur Untersuchung des phototrophen Stoffwechsels</p> <ul style="list-style-type: none"> - Isolierung und Versuche mit Blattfarbstoffen; Chromatographie - Absorptions- und Wirkungsspektrum - Mikroskopie des Blattes, Bau der Chloroplasten, Leitgewebe - Photosyntheserate in Abhängigkeit z.B. von Licht, Temperatur, Kohlendioxid - Hillreaktion 	<p>Abhängigkeit der Photosynthese von Umweltfaktoren; Diskussion von Standortfaktoren; vgl. »Photosynthese-Spezialisten«; Nachweis von Photosyntheseprodukten; Einfluss von Herbiziden; Einsatz von Messgeräten (Photometer, Sauerstoffmessung); Datenerfassung mit dem Computer; zur Einbindung der Photosynthese in ökologische Themen vgl. »Produktionsbiologie«, »Terrestrische« bzw. »Aquatische Ökosysteme«</p>

Biotechnologie der Gärung	Praktikum - Methodenlernen - Projekt 5
Vertiefter Einblick in biotechnische Verfahren der Gärung - Vergleich von Laborversuchen mit technischen Anlagen - Probleme und Fragen der Biotechnologie - ökonomische Bedeutung des Weinbaus in Rheinland-Pfalz	Projektorientierung durch biotechnologische Aspekte, z.B. Wein-, Bier- und Käseproduktion; experimentelle Zugänge; zusätzliche Betriebsbesichtigungen und Exkursionen auch in Zusammenarbeit mit anderen Fächern

Grund- und Leistungsumsatz	Vertiefungswissen - Projekt 5
Kenntnisse über den Zusammenhang zwischen Grund- und Leistungsumsatz für Gesundheit, Krankheit und sportliche Leistungsfähigkeit - Registrierung der eigenen Energieaufnahme im Vergleich mit dem Energiebedarf - Messungen in der Medizin und Ernährungswissenschaft	Regulation des Stoffwechsels; Abhängigkeit des Grundumsatzes von der Schilddrüsenfunktion; Brennwert, Kalorisches Äquivalent, respiratorischer Quotient; vgl. »Ernährung«; Zusammenhang mit dem Energiebegriff herstellen; vgl. »Bioenergetische Grundlagen« und »Sportphysiologie«

Ernährung	Methodenlernen - Projekt 5
Überblick über ernährungsphysiologische Fragen unter energetischen, biochemischen, anatomischen und medizinischen Aspekten - Nährstoffe und Nahrungsmittel - Verdauung und Resorption - Überernährung, Unterernährung und Mangelernährung	Eigene Ernährungsform beurteilen; Bewertungskriterien einer ausgewogenen Ernährung diskutieren (Benutzung von Datenbanken); Ernährungsprobleme von Industrie- und Entwicklungsländern; biomedizinischer Aspekt; vgl. »Grund- und Leistungsumsatz«

Sportphysiologie	fachübergreifendes Projekt 5
Einblick in Energetik und Physiologie des Muskel-, Atmungs- und Blutkreislaufsystems - Blutkreislaufsystem, in Ruhe und bei Belastung - Die Rolle des ATP bei der Muskelkontraktion - Phasen aerober und anaerober Energiegewinnung beim Leistungssport	Wiederholung von Grundwissen aus der Sekundarstufe I; Zusammenarbeit mit dem Fach Sport; Grenzen der Leistungsfähigkeit (Sauerstoffschuld); Steigerung der Leistungsfähigkeit durch Training; sportmedizinische Aspekte; Doping; Registrierung von Puls und Blutdruck mit dem Computer

Energiehaushalt	Vertiefungswissen - Projekt 5
Überblick über Strategien der Energieeinsparung bei endo- und ektothermen Tieren - Regulation der Körpertemperatur - Überwinterungsstrategien: Winterruhe, Winterschlaf, Torpor - Zitterfreie Wärmebildung (Braunes Fettgewebe, Entkopplung der Atmungskette) - Verhaltensänderungen bei Wirbellosen	Bildung kybernetischer Begriffe, Regelkreistheorie; Überwinterung einiger Staaten bildender Insekten, z.B. Wärmebildung bei Bienenvölkern; Verbindung zu »Bioenergetische Grundlagen« und Bausteinen aus Leitthema 3 (BERGMANNsche Regel)

Intermediärstoffwechsel	Vertiefungswissen - Modellbildung 5
Vertiefter Einblick über Vernetzungen im intermediären Stoffwechsel - Auf-, Ab- und Umbau der Kohlenhydrate, Proteine und Fette - der Citratcyclus als Drehscheibe für Stoffwechselreaktionen - Regulation des Fließgleichgewichts im Stoffwechsel	Die erarbeitete katabolische Dynamik wird durch erweiterte Kenntnisse über den anabolischen Stoffwechsel zu einem vereinfachten Übersichtsschema des Metabolismus zusammengefügt, das die Vernetzung der Stoffwechselwege in der Zelle modellhaft verdeutlicht; vgl. »Photosynthese - « und »Gärung und Atmung - Theorie«

Exkretion	Vertiefungswissen 5
Kenntnis von Bau und Funktion der menschlichen Niere - Niere, Nephron (Bowmansche Kapsel, Glomerulus, Henlesche Schleife) - Primärharn und Rückresorption - Einfluss von Adiuretin und Aldosteron Einblick in Störungen der Nierenfunktion - künstliche Niere, Dialyse	Anwendungsbeispiel für Osmoregulation, aktiven und passiven Transport; vgl. Leitthema 1 »Cytologische Grundlagen«, »Wasserhaushalt«; Einfluss von Alkohol und Medikamenten auf die Nierenfunktion; Nierenfunktionsprüfung; Morphologische und physiologische Anpassungen von Säugern in verschiedenen Klimaregionen

Homöostase	Orientierungswissen 5
Einblick in die Kybernetik anhand des Fließgleichgewichtes bei Stoffwechselfvorgängen - Prinzipien der Steuerung und Regulation (positives und negatives Feedback) - halbquantitative Pfeildiagramme - Aufschaukelungs-, Konkurrenz- und Regelkreise	z.B. Regulation der Sauerstoffkonzentration im Blut, Blutzuckerregulation, exponentielles Wachstum; Simulation auf dem Computer; Einsatz von Software; vgl. Lehrplan ITG in Sek.I; vgl. »Gesundheit und Krankheit«

Gesundheit und Krankheit	Orientierungswissen 5
Einblick in exogene, endogene und multifaktorielle Ursachen von Krankheiten an ausgewählten Beispielen - Stoffwechselstörungen - Infektionen und ihre Abwehr - Wechselwirkung von Körper und Psyche Überblick über Ziele und Methoden der Epidemiologie	WHO-Definition von Gesundheit; Krankheitsbegriffe in Psychologie, Recht, Kunst und Literatur; Krankheitsursachen und Risikofaktoren; Befund - Befinden; positiver Gesundheitsbegriff: Gesundheit als aktiver Zustand, nicht als Abwesenheit von Krankheit; Zivilisationskrankheiten; Behinderung; psychosomatische Medizin

Chemosynthese	Vertiefungswissen 5
Einblick in die Nutzung anorganischer Energiequellen durch chemoautotrophe Organismen - Schwefel- und Stickstoffverbindungen als Energiequellen - Leben an Extremstandorten - Evolutive Aspekte der Autotrophie	Archaebakterien; Biozönosen, symbiontische Beziehungen in der Tiefsee; Kenntnisse der Chemosynthese als Hilfe für die Aufklärung von Schritten der Photosynthese; Vernetzung mit Stoffkreislauf; Baustein kann auch im Zusammenhang mit Leitthema 3, »Aquatische Ökosysteme«, unterrichtet werden

Photosynthese-Spezialisten	Vertiefungswissen - Praktikum 5
Überblick über anatomische und physiologische Anpassungen von Pflanzen an unterschiedliche klimatische Bedingungen - Vergleich von C ₃ -, C ₄ - und CAM-Pflanzen - Photosynthesetypen bei Bakterien	Spezielle Formen der Kohlendioxid-Fixierung lassen sich im Rahmen der lichtunabhängigen Reaktion thematisieren oder als ökophysiologisches Phänomen der Anpassung an extreme Umweltfaktoren anschließen; mikroskopische Übungen; vgl. »Licht und Wärme« und »Wasser und Salze als Umweltfaktoren«

Regenerative Energien	Erweiterungswissen - fachüber. Projekt 5
Einsicht, dass langfristig die Solarenergie eine umweltverträgliche und quasi unerschöpfliche Energieform darstellt - Biomassenutzung, z.B. Biotreibstoffe, nachwachsende Rohstoffe - Biotechnologische Verfahren - Photovoltaik- und Solarwasserstofftechnologie als CO ₂ -neutrale "technische Evolution"	Globale Energiefragen und Klimaprobleme (Treibhauseffekt); Vernetzung ökologischer und ökonomischer Maßnahmen; fachübergreifendes Projekt: Vergleich technischer und biologischer Problemlösungen bei der Transformation der Sonnenenergie; vgl. auch »Produktionsbiologie«, »Landwirtschaftliche« bzw. »Forstwirtschaftliche Kulturen«

Eigenes Baustein-Thema:	5

Leistungsfach - Leitthema 3

»Umwelt & Innenwelt lebender Systeme«

Lebewesen können theoretisch zu Populationen unbegrenzter Größe wachsen, aber die Umweltressourcen sind endlich. Die fundamentale Spannung zwischen Umwelt-Angeboten und Innenwelt-Bedürfnissen wirkt sich auf die Interaktionen zwischen Organismen aus, die in Ökosystemen um Raum, Energie u.Ä. konkurrieren, aber auch kooperieren. Die heutigen Umweltprobleme erweisen sich im Kern als ungelöste Innenweltkonflikte der Menschheit: Überpopulation und Konsumverhalten stellen die *Selbstregulation der Biosphäre* in Frage. Einsicht in die Vernetzung aller lebender Systeme mit der Umwelt ist die Grundlage für eine Überlebensstrategie auf unserem Planeten.

Im Leistungsfach stehen neben der Entwicklung eines gesicherten Grundlagenwissens vor allem quantitative Untersuchungsmethoden in der Analyse von Ökosystemen sowie Bilanzierungen, Modellierungen und Simulationen globaler Modelle im Vordergrund des Unterrichts. Eine Vertiefung ökologischer Einsichten kann über eine Kombination ökologischer Bausteine mit dem Leitthema 2 »Stoffwechsel & Energiefluss lebender Systeme« erreicht werden. Besonders eignen sich Verbindungen zur Photosynthese als energetischer Basis zur Beurteilung der Tragfähigkeit und Produktivität der Erde.

Neben der globalen Perspektive steht aber gleichrangig die Auseinandersetzung mit der lokalen Umwelt als Ausgangspunkt für handlungsorientierte Arbeiten und Projekte, deren Ergebnisse veröffentlicht werden sollten.

Ziele und Inhalte	Hinweise / Stundenansätze
Sach- und Methodenkompetenz	

Erkundung eines Ökosystems	Praktikum - Methodenlernen - Projekt 10
Vertieftes Verständnis von Ökosystemen durch praktische Untersuchung eines Biotops und seiner Biozönose - Messung biotischer und abiotischer Faktoren - Vernetzung der Faktoren im Ökosystem - Autökologie ausgewählter Arten - Synökologie an einer Biozönose - Bioindikation im Vergleich mit chemisch-physikalischen Messmethoden - Kartierungen im Ökosystem, z.B. Vegetationsprofil, Deckungsgrad	Analyse eines naturnahen Ökosystems, z.B. Wald, Fluss, See; alternativ ein naturfernes Ökosystem; Tier- und Pflanzenbestimmungen; qualitative und quantitative Messungen ökologischer Faktoren, z.B. biologische Wasseranalyse, Zeigerwerte n. ELLENBERG, Flechtenkartierung, Untersuchungen zum Boden (BERLESE); Einsatz des Computers zur Erfassung, Beschaffung und Darstellung von Umweltdaten

Dynamik von Ökosystemen	Erweiterungswissen - Modellbildung 10
Verständnis der Struktur und Funktion von Ökosystemen - trophische Struktur (Nahrungsnetze) - Biomasse als Kopplung von Energieflüssen und Stoffkreisläufen - ökologische Prinzipien, Regeln und Gesetze: ökologische Nische und Potenz, THIENEMANNsche Regeln, Minimumregel, Konkurrenzausschluss - Regulation des Fließgleichgewichts, quantitative Erfassung der Dynamik, Sukzession	Vertiefung von Grundlagen aus der Sek. I (Rolle der Produzenten, Konsumenten und Destruenten; begrenzende Faktoren der Kapazität); Kybernetische Modellierung (Kausalketten, Kausalnetze, Regelkreise); von der halbquantitativen Darstellung (Pfeildiagramme) zu quantitativen Simulationsmodellen (Einsatz graphikorientierter Modellbildungssysteme, z.B. Stella, Modus oder Simulationssoftware zu Ökosystemen)

Umweltschutz vor Ort	Methodenlernen - Projekt 10
Einblick in Tätigkeiten des Menschen, Ökosysteme zu stören, aber auch verantwortungsbewusst zu erhalten - Kopplung von Ver- und Entsorgung - Notwendigkeit und Grenze des technischen Umweltschutzes, z.B. Recycling, Abfallbeseitigung; Reinhaltung von Luft, Boden, Wasser (Hygiene und Gesundheit) - Ökologie und Ökonomie: Diskrepanzen und Gemeinsamkeiten - nachhaltige Entwicklung als Ziel einer ökologisch ausgerichteten Ökonomie	Globale Probleme der Versorgung und Entsorgung einer weltweit wachsenden Menschheit lokal thematisieren, z.B. Trinkwasserversorgung-Abwasserentsorgung in Zusammenarbeit mit der Kommune; Besuch von Einrichtungen des Umweltschutzes, Diskussion mit Umweltgruppen, Politikern, Bürgerinitiativen; durch handlungsorientierte Projekte, z.B. Gestaltung der schulischen Umwelt, Einübung sozialen und ökologischen Verhaltens

Mensch und Biosphäre	fachübergreifendes Projekt 10
Einsicht, dass nur eine nachhaltige Entwicklung als ökologische Bindung von Natur, Wirtschaft und Menschheit die Erhaltung der Biosphäre in Zukunft sichert - Natur- und Kulturlandschaften (Arten- und Biotopschutz, Biodiversität, Landschaftsästhetik u.a.) - globale Vernetzung der Ökosysteme; Vegetations- und Klimazonen - Dynamik menschlicher Populationen; Weltmodelle - Kriterien einer ökologisch ausgerichteten Ökonomie	Die Erhaltung der Biosphäre erfordert Kenntnisse über die wichtigsten Ökosysteme und ihre globale Vernetzung; Diskussion aktueller Themen 1998, z.B. Agenda 21, Global 2000, Grenzen des Wachstums; globale Fragen von Industrie-, Entwicklungs- und Schwellenländern; Computersimulationen; Weltmodelle, z.B. des Club of Rome; eigene Beiträge: Gestaltung von Ausstellungen, Broschüren, Websites im Internet u.Ä.

Produktionsbiologie	Erweiterungswissen - Modellbildung 5
Einblick in den Zusammenhang von Energiebilanzen und der Tragfähigkeit der Erde - Trophiestufen und ökologische Pyramiden (Zahlen, Biomasse, Energie) - Energiefluss in natürlichen und industriellen Systemen; Energieflussdiagramme und Energiebilanzen - photosynthetische Primärproduktion; Biomassebestimmungen	Methoden der Pflanzenzucht, energieunterstützte Landwirtschaft; Erstellung von Ökobilanzen; Ernährungslage der Weltbevölkerung; Modellökosysteme (Sukzession im Heuaufguss, Aquarien, Flaschenwelten); vgl. »Terrestrische« bzw. »Aquatische Ökosysteme«; zur Anwendung vgl. »Landwirtschaftliche« bzw. »Forstwirtschaftliche Kulturen«

Populationsökologie	Vertiefungswissen - fachübergr. Projekt 5
Kenntnis der Struktur, des Wachstums und der Regulation von Populationen - Populationstypen (r- und K-Strategen) - dichteabhängige und dichteunabhängige Regulation von Populationen - Räuber-Beute-Beziehungen; LOTKA-VOLTERRA-Regeln - Massenvermehrungen und chaotisches Wachstum von Populationen	Daten zur Dynamik von Populationen durch Laborversuche: Wasserlinsen, Chlorella, Hefe u.a.); Variation der Außenbedingungen: Temperatur, Nährsalze, Nährstoffe); Wachstumstypen: konstantes, lineares (MALTHUS) und nichtlineares Wachstum (VERHULST) führen über Computersimulationen zum »deterministischen Chaos« in Populationen

Zusammenleben in Biozöosen	Erweiterungswissen 5
Einsicht, dass es in der Biozönose verschiedene Strategien des Zusammenlebens gibt - Konkurrenz, Koexistenz, Kooperation, Parasitismus, Kommensalismus, Symbiose, z.B. Flechten, Mykorrhiza - Koevolution, z.B. Blütenökologie, Wechselbeziehung der Produzenten, Konsumenten und Destruenten bei der Evolution der Biosphäre	Über den speziellen Einzelfall hinaus führt die Einsicht, dass die Evolution einzelner Lebensformen sich immer auch auf die Entwicklung der gesamten Ökosphäre auswirkt; vgl. GAIA-Hypothese von LOVELOCK, vgl. »Atmosphäre als Lebensraum«; eine Vernetzung mit dem Baustein »Populationsökologie« ist sinnvoll

Natur- und Kulturlandschaft	fachübergreifendes Projekt 5
Verständnis entwickeln, dass die Begriffe Natur und Kultur zeitabhängigen Wertungen unterliegen - historisch gewachsene Kulturlandschaften, z.B. Heide, Trockenrasen, Wiese - naturnahe und naturferne Landschaften - tradierte Begriffe zur Umweltbeschreibung in biologischer Sicht, z.B. Ungeziefer, Unkraut, Raubtiere	Neben der rationalen Erfassung der Landschaft im Rahmen ökologischer Beobachtungen steht die emotionale Bewertung; ästhetische Aspekte der Umwelt lassen sich durch bewusste Wahrnehmung (gr. aisthesis) thematisieren und kritisieren; eine Zusammenarbeit mit dem sprachlich-künstlerischen Aufgabenfeld ist zweckmäßig

Licht und Wärme als Umweltfaktoren	Vertiefungswissen - Praktikum 5
Einblick in die Auswirkungen von Licht und Wärme auf Lebewesen - Toleranzkurven, Optimumkurven und ihre multifaktorielle Vernetzung - Licht, z.B. Schatten- und Sonnenpflanzen, Kurz- und Langtagpflanzen, Photomorphosen - Wärme, z.B. RGT-Regel, ALLENSche und BERGMANNsche Regel	Der Baustein bietet sich zur Erweiterung praktischer ökologischer Untersuchungen an; vgl. »Erkundung eines Ökosystems«, »Landwirtschaftliche« bzw. »Forstwirtschaftliche Kulturen«; Vertiefung der »Dynamik der Ökosysteme«; Vernetzung mit Bausteinen zur Photosynthese, vgl. Leitthema 2

Wasser und Salze als Umweltfaktoren	Vertiefungswissen - Praktikum 5
Einblick in die Wechselbeziehungen von Wasser, Mineralsalzen und Lebewesen - Toleranz- und Optimierungskurven in multifaktorieller Vernetzung - Pflanzen: z.B. Hydro-, Hygro-, Meso- und Xerophyten; Wassertransport - Tiere: z.B. Osmoregulation, Exkretion - Leben an extremen Standorten z.B. Flechten, Halophyten, Xerophyten	Anbindung an Leitthemen 1 und 2 im Rahmen ökologischer Untersuchungen, z.B. Präparation, Beobachtung und Zeichnung von Blattquerschnitten verschiedener Blatttypen; Lebensformtypen bei Wasserinsekten bei Untersuchungen von Fließgewässern; vgl. »Aquatische Ökosysteme« oder »Terrestrische Ökosysteme« bzw. »Erkundung eines Ökosystems

Terrestrische Ökosysteme	Vertiefungswissen - Projekt 5
Einblick in Struktur und Funktion, Belastung und Selbstreinigungskraft von Böden - Aufbau und Erhaltung der Böden; terrestrische Biozöosen - Belastung des Bodens durch atmosphärische Deposition (Saurer Regen); Eutrophierung durch Überdüngung - Kriterien einer biologisch verträglichen Bewirtschaftung von Böden	Gefährdung und Erhaltung des Bodens als Lebensgrundlage steht im Vordergrund; Destruentennahrungskette kann durch BERLESE-Apparaturen gezeigt werden; chemische Bodenuntersuchungen und Niederschlagsmessungen ergänzen die Zeigerwert-Methode n. ELLENBERG; vgl. »Landwirtschaftliche« und »Forstwirtschaftliche Kulturen«

Aquatische Ökosysteme	Vertiefungswissen - Projekt 5
Einblick in die Struktur und Funktion, Belastung und Selbstreinigungskraft von Gewässern - Aquatische Biozöosen: Tiere des Litorals und Benthals; Vegetationszonierung - Abwasserreinigung; Eutrophierung und Belastung der Meere - Kriterien einer biologisch verträglichen Nutzung und Bewirtschaftung	In Rheinland-Pfalz bietet sich z.B. das Rhein-Ökosystem als Fallbeispiel an; die Ökologie des Rheins ist durch zahlreiche Materialien gut dokumentiert; aktuelle Informationen liefert die Internationale Kommission zum Schutze des Rheins; Saprobienindex (biologische Wasseranalyse) zur Güteklassifizierung der Fließgewässer; Pflanzenkläranlage

Landwirtschaftliche Kulturen	fachübergreifendes Projekt	5
Einblick in regionale und globale Probleme der Landwirtschaft - alternativer und konventioneller Anbau - Mono- und Mischkulturen - integrierte Schädlingsbekämpfung - artgerechte Tierhaltung - Kriterien einer ökologisch ausgerichteten Landwirtschaft	Vergleich eines konventionell und alternativ bewirtschafteten Betriebes (Exkursion); Wirtschaftsformen: traditionelle Kreislaufwirtschaft, Intensivierung des Anbaus, Auswirkung agrarpolitischer Maßnahmen, Vermarktung; regionale Besonderheiten, z.B. Weinbau; vgl. auch »Ökosysteme der Biosphäre« und »Terrestrische Ökosysteme«	

Forstwirtschaftliche Kulturen	fachübergreifendes Projekt	5
Einblick in das Prinzip der Nachhaltigkeit in der Forstwirtschaft - historische Entwicklung der Waldnutzung - Forstwirtschaft; Wildbiologie und Jagd - mehrfaktorielle Waldnutzung - neuartige Waldschäden - Kriterien einer ökologisch verträglichen Nutzung und Bewirtschaftung von Wäldern	Im Rahmen einer Exkursion mit dem Förster erleben die Schülerinnen und Schüler Aspekte und Probleme des heutigen Waldbaus; neuartige Waldschäden zeigen die Vernetzung eines Ökosystems mit der Gesamtumwelt; vgl. »Atmosphäre als Umweltfaktor«; ein Vergleich mit anderen Waldformen, z.B. Tropischer Regenwald, borealer Wald u.a., bietet sich an	

Urbane Ökosysteme	fachübergreifendes Projekt	5
Einblick in die Struktur und Entwicklung urbaner Ökosysteme - Stadtökologie: Leben und Lebewesen in der Stadt - Grünräume und Spielplätze - Verkehr und Umweltbelastung - Entsorgung und Versorgung - Kriterien einer ökologisch verträglichen Stadtplanung	Praktische Untersuchungen, z.B. Ruderalstandorte, Grünflächen, Mauern, Pflasterritzen u.ä; Messungen zur Luftqualität (Deposition); Lärm; zukunftsorientierte Stadtplanung, z.B. Aussprache mit Vertretern des städtischen Planungsamts, Perspektiven einer ökologisch sinnvollen Entwicklung; Planspiel; Entwicklung eigener Konzepte: Gestaltung von Ausstellungen	

Atmosphäre als Umweltfaktor	fachübergreifendes Projekt	5
Einblick in die komplexen Wechselbeziehungen zwischen Atmosphäre und Biosphäre - Entstehung der heutigen Atmosphäre durch die Lebewesen - Auswirkung anthropogener Emissionen auf die Atmosphäre, z.B. Ozonloch und Belastung durch Ozon, Treibhauseffekt, neuartige Waldschäden	Die Wechselbeziehung zwischen Atmosphäre und Biosphäre ist eine evolutive Tatsache, vgl. »Zusammenleben in Biozönosen«; Zusammenhang zwischen Emissionen und dem Energiestoffwechsel in natürlichen und vom Menschen beeinflussten Ökosystemen; Flechtenkartierung zur Luftqualität; vgl. »Mensch und Biosphäre«	

Eigenes Baustein-Thema:		5

Leistungsfach - Leitthema 4

»Information & Kommunikation bei lebenden Systemen«

Mit Stoff und Energie tauschen Organismen auch Informationen zwischen Innenwelt und Umwelt aus und kommunizieren mit Artgenossen. Fragen der Codierung biologischer Information, der *Biokommunikation* auf allen Ebenen des Lebens, sind Thema von Neurobiologie, Hormonphysiologie und Ethologie. Die *Humanethologie* legt darüber hinaus anthropologische Grundlagen eines biologisch fundierten Verständnisses subjektiver menschlicher Bedürfnisse im Rahmen ökologischer und gesellschaftlicher Prozesse.

Im Leistungsfach sollte über den humanzentrierten Ansatz hinaus die Tierethologie zur Entwicklung bzw. Vorstellung von Methoden und Fragestellungen herangezogen werden. Die Aussagen der Humanethologie müssen durch Forschungsergebnisse anderer Humanwissenschaften ergänzt, die Schülerinnen und Schüler zu inter- und transdisziplinärem Denken angeregt werden.

Kenntnisse aktueller Forschung zu den Themen Lernen, Gedächtnis und Bewusstsein zeigen den Lernenden Wege, wie sie ihr eigenes Lernverhalten verbessern und mit Stresssituationen besser umgehen können.

Um das Wirkungsgefüge von Informationsverarbeitung und Verhalten zu betonen, vernetzen die Strukturierungsvorschläge Unterrichtsinhalte beider Bereiche und werden damit der Komplexität des beobachtbaren Lebens gerecht.

Ziele und Inhalte	Hinweise / Stundenansätze
Sach- und Methodenkompetenz	

Informationsverarbeitung	Orientierungswissen - Modellbildung 10
Kenntnis anatomischer und physiologischer Grundlagen der Erregungsleitung - Bau und Funktionsweise von Neuronen und Synapsen - Summation - Neuronen- und Synapsengifte Einblick in das Zusammenwirken hormoneller und nervöser Regelung - zelluläre Wirkungsmechanismen - regulatorisches Zusammenspiel von vegetativem Nervensystem und Hormonsystem	Herstellung von Quetschpräparaten aus Schweine- oder Kalbsrückenmark; Prinzipien der synaptischen Übertragung; Versuche zur Erzeugung von Potentialen über selektiv permeablen Membranen; vgl. »Reizverarbeitung und Bewegung bei Pflanzen und Einzellern«; Simulationen (Computer); Orte der Hormonsynthese, kybernetische Modelle, Regulationsstörungen (Anknüpfung an Sek. I); zur Vertiefung vgl. »Stress«, »Biologische Rhythmen«

Reizaufnahme und -beantwortung	Orientierungswissen - Praktikum 10
Kenntnis der Reizaufnahme bei Tieren - Bau und Funktion eines Sinnesorgans - Codierung und Verrechnung von Informationen Kenntnis der Reizverarbeitung im menschlichen Zentralnervensystem - Gehirn und Rückenmark; funktionelle Asymmetrie und Vernetzung Einblick in die Muskelphysiologie - Muskelaufbau - Steuerung der Muskelkontraktion	Vertiefung von Kenntnissen aus der Sekundarstufe I; Präparationen; Vergleich unterschiedlicher Sinnesleistungen bei Tieren; vgl. »Evolution der Informationsverarbeitung«; Aufzeigen von Erkenntnisgrenzen; Komplexität und Individualität; Zusammenspiel der Großhirnareale beim Wahrnehmen, Erkennen, Begreifen, Empfinden; Aphasien, Agnosien; Split-brain; motorische Systeme und Interaktion zwischen Groß- und Kleinhirn; Gleitfilamenttheorie; Eigenschaften von Muskelfasern

Lernen und Gedächtnis	Orientierungswissen - Praktikum 10
Kenntnis verschiedener Lernprozesse - Konditionierung - Habituation - Prägung - Lernen am Erfolg/Misserfolg - Nachahmung - Einsichtiges Verhalten Einblick in die Neurobiologie des Lernens - Änderungen auf zellulärer Ebene - Gedächtnis - Erkenntnis, Intelligenz und Bewusstsein	Beispiele für assoziatives und nicht-assoziatives Lernen; Gewöhnung und Sensibilisierung bei <i>Aplysia</i> : Zelluläre und molekulare Mechanismen der synaptischen Übertragung; Lerntypentests - Methoden des Lernens (Mensch); Neurotransmitter und Langzeitpotenzierung beim Menschen; vgl. »Glück, Schmerz und Sucht«; Konstruktivismus - Repräsentationismus; Diskussion des Intelligenzbegriffs; Intelligenz und Bewusstsein bei Tieren (Erlernen einer Symbolsprache)

Verhaltensvielfalt	Orientierungswissen - Methoden 10
Kenntnis erbbedingter und erfahrungsbedingter Verhaltensanteile und ihre Interpretation durch die Verhaltenswissenschaften - Reflexe und Erbkoordination - Handlungsbereitschaft und deren Veränderung - Auslösereize und Filtermechanismen - Zusammenwirken endo- und exogener Verhaltensursachen - Sozialverhalten: Zusammenleben in der Gruppe; verhaltensökologische Aspekte	Beobachtung und Beschreibung von Beispielen für weitgehend ererbte Kenntnisse und Fähigkeiten durch Originalbegegnung oder Film; Aufzeigen von Grenzen ethologischer Forschung; Abhängigkeit der Versuchsergebnisse von Versuchsmethoden; Entwicklung der Verhaltenswissenschaften (vgl. »Wissenschaftshistorische Betrachtung«) und ihre Beiträge zum heutigen Biologieverständnis, ergänzt durch den aktuellen Forschungsstand von Humanwissenschaften

Reizverarbeitung und Bewegung bei Pflanzen und Einzellern	Erweiterungswissen - Praktikum	5
Erkennen, dass auch Lebewesen ohne Nervensysteme verschiedene Reize wahrnehmen und reagieren können - Tropismen, Nastien, Taxien - Turgoränderungen, hygroskopische Bewegungen, Wachstumsbewegungen - Phytohormone	Durchführung und Auswertung von Experimenten z.B. zu Geo- und Phototropismus, Phototaxis, Chemotaxis, Seismonastie; Reizwahrnehmung bei Pflanzen und Einzellern (Membranpotentiale, photoaktive Substanzen, Statolithen u.a.)	

Evolution der Informationsverarbeitung	Erweiterungswissen - Praktikum	5
Überblick über die Entwicklungsstufen - eines Sinnesorgans - des Nervensystems bei Wirbellosen und Wirbeltieren - von Verhaltensprogrammen	Beobachtungen zur Reizwahrnehmung bei Wirbellosen (die Auswahl des Sinnesorgans erfolgt entsprechend dem Pflichtbaustein »Reizaufnahme und -beantwortung«); Vergleich von Strategien der Informationsverarbeitung in der jeweils arteigenen Umwelt	

Sozialverhalten des Menschen	Erweiterungswissen	5
Einblick in Altruismus und Egoismus beim Menschen - sozialbindende Mechanismen - Autorität und Gehorsam Einblick in Aggressivität und Aggression beim Menschen - proximate und ultimate Ebene der Aggressivität und Aggression - Vorurteile und Fremdenfurcht	Sexualität und Partnerschaft; Eltern-Kind-Beziehung; vgl. »Verhaltensentwicklung«; Territorialverhalten; Rangordnung; MILGRAM-Experimente; Diskussion von Hypothesen zur menschlichen Aggression; Empathie und emotionale Intelligenz; vgl. »Sozialverhalten bei Tieren«	

Sozialverhalten bei Tieren	Orientierungswissen - Praktikum	5
Verständnis von Kommunikation und ihrer Funktion für soziale Organisation - soziale Organisationsformen und Kommunikation - Brutfürsorge, Brutpflege - Multifunktionalität innerartlicher Aggression	Überblick über Sozialstrukturen; Insektenstaaten, Säugersozietäten und ihre Kommunikationssysteme (Unterricht im Zoo); Rangordnung, Revierverhalten, Erhaltung der Gruppennorm; Tötungshemmung / Tötung von Artgenossen - Gruppenselektion; genetischer Eigennutz; sinnvolle Ergänzung durch »Soziobiologie / Verhaltensökologie«	

Wissenschaftshistorische Betrachtung	Erweiterungswissen	5
Einblick in die Geschichte der Verhaltenswissenschaften und des Stellenwertes der Teildisziplinen - Behaviorismus - Klassische Ethologie - Humanethologie - Verhaltensökologie / Soziobiologie	Historischer Rückblick auf die Entwicklung der Verhaltenswissenschaften und ihrer Beiträge zum heutigen Biologieverständnis: SKINNER, PAWLOW, EIBL-EIBESFELD, WILSON; LORENZ und TINBERGEN (historische Bedeutung der Modelle)	

Glück, Schmerz und Sucht	Erweiterungswissen - fachüb. Projekt	5
Einblick in das Belohnungssystem des Gehirns - Opioidpeptide und Opiatrezeptoren Einblick in Krankheiten und Beeinträchtigungen des Nervensystems sowie medikamentöse Regulation - Veränderungen der Erregungsleitung bzw. der Synapsenfunktion - Einfluss psychoaktiver Stoffe, Drogen	Einfluss des Belohnungssystems auf Lernen; Funktion von Endorphinen und Enkephalinen; Veränderungen des Schmerzempfindens durch psychoaktive Pharmaka; physische und psychische Abhängigkeit; Diskussion über Programme zur Suchttherapie; fachübergreifende Projekte mit den Fächern Religion, Ethik, Deutsch und Sozialkunde	

Stress	Erweiterungswissen	5
Kenntnis physiologischer Grundlagen der Stressreaktion - Ablauf einer Stressreaktion - Stressfaktoren - sozialer Stress bei Tieren - Stress beim Menschen Einblick in Strategien d. Stressbewältigung - Eustress / Distress - Umgang mit Stresssituationen	Zusammenspiel von Hormon- und Nervensystem; stammesgeschichtliche Bedeutung der Stressreaktion; Wirkung von Dauerstress auf die Hormonproduktion (z.B. Dichtestress bei Kleinsäugetern); Stress- und Zivilisationskrankheiten beim Menschen; Erkennen eigener Stresssituationen und Möglichkeiten der Bewältigung	

Lernen	Erweiterungswissen - Praktikum	5
Kenntnis verschiedener Formen erfahrungsbedingten Verhaltens - Nachahmung, Bildung von Traditionen - Werkzeuggebrauch - Imitationslernen beim Menschen - spontan neukombiniertes Verhalten - averbales Denken, Abstrahieren	Bedeutung primärer und sekundärer Verstärker für den Lernprozess; Durchführung eines Lernversuchs (z.B. Schulaquarium); Kombination verschiedener Lernformen; soziale Lerntheorie; Abstrahieren, averbales Denken, "Intelligenzprüfungen an Menschenaffen" (KÖHLER), ergänzt durch neuere Forschungen zum zielorientierten bzw. vorausschauenden Handeln	

Biologische Rhythmen	Vertiefungswissen	5
Einblick in circadiane und circannuale Rhythmen und ihre Bedeutung für Lebewesen - Endogene Rhythmen und Synchronisation - Schlaf und Traum - Winterruhe, Winterschlaf, Torpor - Regulation der Fortpflanzung	Messung endogener Rhythmen; Aufzeigen von endogen erzeugten Rhythmen für die Erhaltung lebender Systeme (z.B. Vogelzug, Einfluss von Hormonen auf die Fortpflanzung); Epiphyse; Auswirkungen von Desynchronisation (Jetlag, Schlafentzug); SAD (seasonal affective disorder) und Behandlungsmöglichkeit	

Soziobiologie / Verhaltensökologie	Orientierungswissen	5
Einblick in Variabilität von Sozialsystemen in Abhängigkeit vom Lebensraum - ultimate und proximate Ursachen von Verhalten - Reproduktionsvorteile bei verschiedenen Paarungssystemen - Kooperation und Konflikt in Sozietäten	Zusammenhang zwischen ökologischen Bedingungen, Anpassung und Reproduktionsverhalten von Organismen und Sozietäten; Soziobiologische Erklärungsansätze: Verhaltensphänomene aus der Sicht der Fitness der Individuen, z.B. Helfergesellschaften	

Verhaltensentwicklung	Vertiefungswissen	5
Überblick über die Entwicklung des Verhaltens - Phasenspezifität der frühen tierlichen Entwicklung - menschliche Frühentwicklung - Kindheit und Jugend	Wiederaufgreifen des Prägungsbegriffs im Sinne von biologischer Bedeutung und genetischer Grenzen; Beziehung und Bindung zwischen Kind und Eltern, Elter-Kind-Interaktion; Hospitalismus; Deprivationssyndrom; kognitive, soziale und emotionale Entwicklung	

Verhaltensbeobachtung	Methodenlernen - Praktikum	5
Fähigkeit, Verhaltensbeobachtungen durchzuführen und kritisch zu analysieren - Vorgehensweise bei der Erstellung eines Ethogramms - Beobachtungskriterien - Klassifizierungen - Dokumentation	Selbstständige Erarbeitung von Beobachtungsbögen (Subjektivität / Objektivität / Vermeidung von Anthropomorphismen); Wiederholbarkeit von Beobachtungen; Beschreibung mittels technischer Hilfsmittel (Photo-/Video-/Tonbandaufnahmen); Ethogrammerstellung im Rahmen längerfristigen Arbeitens möglich	

Eigenes Baustein-Thema:		5

Leistungsfach - Leitthema 5

»Vererbung & Selbstorganisation lebender Systeme«

Lebewesen besitzen im Unterschied zu allen anderen komplexen Systemen ihr eigenes, über Millionen Jahre optimiertes genetisches Programm. Zentrales Konzept der Biologie ist die *genetische Kontinuität* biologischer Systeme, der »Fluss der Erbinformation«, der durch individuelle Selbstorganisation organismische Gestalt annimmt. Komplementär zur Erhaltung der genetischen Information ermöglicht die *genetische Diskontinuität* (Mutation) in Wechselwirkung mit der Umwelt die modellhafte Interpretation der natürlichen Evolution, in die der Mensch durch *Bio-* und *Gentechnik* manipulierend eingreift.

Die wissenschaftliche Neugier, diese Vorgänge zu erforschen und zu verstehen, die Notwendigkeit, die dadurch erworbenen Grundlagen zur Entwicklung neuer Diagnose-, Therapieverfahren und neuer Schlüsseltechnologien einzusetzen und die Diskussion über mögliche Gefahrenpotentiale solcher Techniken zeigen ein besonderes Spannungsfeld auf und verlangen nach politischen Entscheidungen. Deswegen muss die Auseinandersetzung mit diesen Themen im Leistungskurs zu einer differenzierten fachlichen, aber auch gesellschaftlichen und ethischen Beurteilung und Bewertung führen. Zur Diskussion ethischer Grundpositionen ist ein fachübergreifendes Arbeiten anzustreben.

Ziele und Inhalte	Hinweise / Stundenansätze
Sach- und Methodenkompetenz	

Cytogenetik	Orientierungswissen	10
Kenntnisse von grundlegenden Vorgängen der Zellteilung - Mitose- und Meiosephasen - MENDELsche Regeln - Chromosomentheorie der Vererbung - Crossing-over, Genkopplung - Polygenie, Polyphänie - nichtchromosomale Vererbung - Mutationen, Modifikationen	Untersuchung von Mitose- und Meiosestadien; Wiederholung der klassischen Genetik aus der Sekundarstufe I; Abweichungen von MENDELschen Regeln; Beurteilung von Mutationen (phylogenetische Weiterentwicklung, Gefahren durch ungünstige Mutationen, Mutationsraten); Plastiden- und Mitochondrien-Gene; Unterscheidung von Geno- und Phänopathien; vgl. »Erbkrankheiten des Menschen«	

Molekulargenetik	Orientierungswissen - Modellbildung	10
Kenntnis von Struktur und Funktion der Nukleinsäuren - Bau der Nukleinsäuren - Replikation - Mechanismus der Proteinbiosynthese - Umsetzung genetischer Informationen in Merkmale - Regulation der Proteinbiosynthese - Beeinflussung der Proteinbiosynthese durch äußere Einflüsse (Modifikation, Variabilität, Reaktionsbreite)	Geschichte der Entschlüsselung; Vorstellungen über Genexpression von Pro- und Eukaryonten; Bedeutung äußerer Einflüsse durch Einbeziehen entsprechender Wahlbausteine; Betrachtung der Gene nicht als autonome Einheiten (kein unausweichliches Schicksal), sondern Genfunktion integriert in gesamten Vererbungsprozess (als Leistung der Zelle, des Organismus); vgl. »DNA-Analyse«, »Immunbiologie«, »Gene und Umwelt«, »Schlüsselprozesse der Entwicklung« und »Alterungsprozesse«	

Grundlagen der Entwicklung	Orientierungswissen	10
Kenntnis von Schlüsselprozessen des Entwicklungsgeschehens - Wachstum (Zellvermehrung, Zellvergrößerung); - Differenzierung (Spezialisierung in Form und Funktion) - Morphogenese (Ausbildung der Körperorganisation und -symmetrie) - Embryonalentwicklung des Menschen - Schädigende Einflüsse auf die Entwicklung	Ausgehend von einfach ablaufenden Furchungen (z.B. Seeigel, Amphibien) zur Embryonalentwicklung des Menschen; Ursachen der Zelldifferenzierung; Entwicklungssteuerung (Determination, Musterbildung); schädigende Einflüsse auf Embryo/ Fetus durch Drogen (z.B. Alkoholembryopathie), Medikamente (z.B. Thalidomid), Infektionen (z.B. Röteln), ionisierende Strahlung; Unterscheidung von mutagenen und teratogenen Stoffen; vgl. »Schlüsselprozesse der Entwicklung«	

Gentechnologie	Erweiterungswissen	10
Überblick über Gentechnologie - Viren- und Bakteriengenetik - Herstellungsmethoden rekombinierter DNA - Methoden der Genübertragung - gentechnologische Anwendungsbereiche Einsicht in Verfahren der Technikfolgenabschätzung, Bewusstsein der Chancen und Risiken - reaktive und innovative Technikbewertung - Prinzip Verantwortung - Ethik der Gentechnologie	Unterscheidung der Anwendung bei Pflanzen / Tieren (Manipulation der Keimzellen) und Menschen (gentechnisch produzierte Medikamente, Genomdiagnostik, somatische Genterapie); mögliche Gefahren durch Ausbreitung von Antibiotika-Resistenz-Genen, Verwendung von Retroviren, genetische Erosion, Keimbahntherapie; vgl. »Ethik und Technik« und »Züchtung«; Vergleich von Kern- und Gentechnologie; Bedeutung von Bewertungsinstanzen (Enquete-Kommissionen, Ethikkommissionen, Laienräte)	

Formen der Fortpflanzung	Erweiterungswissen - Praktikum 5
<p>Kenntnis von der Bedeutung der Fortpflanzungsprozesse</p> <ul style="list-style-type: none"> - vegetative und sexuelle Fortpflanzung - Parthenogenese - genetische und modifikatorische Geschlechtsbestimmung - Generationswechsel 	<p>ungeschlechtliche Fortpflanzung und Vermehrung bei Pflanzen und Tieren, z.B. Stecklinge, In-vitro-Kulturen, Regeneration von Blättern, Pfropfung, Sprossung, Sporen, Knospung;</p> <p>Geschlechtsbestimmung bei Drosophila; Generationswechsel als Anpassung an periodische Umweltveränderungen</p>

Züchtung	Erweiterungswissen - Projekt 5
<p>Einblick in die Entstehung von Kulturpflanzen und Haustieren</p> <ul style="list-style-type: none"> - Züchtungsziele - Züchtungsmethoden - gezielte Einflussnahme - Möglichkeiten und Grenzen 	<p>Bedeutung der Züchtung für die kulturelle Entwicklung des Menschen; Manipulation von Erbanlagen bedeutet nicht nur Gentechnologie; Optimierung durch gezielten Einfluss (Klonen, Embryotransfer, gentechnologische Methoden); Verantwortung des Menschen für Mitlebewesen</p>

DNA-Analyse	Erweiterungswissen 5
<p>Überblick über die Bedeutung der DNA-Analyse für Wissenschaft und Gesellschaft</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hybridisierung - Sequenzanalyse (RFLP, PCR) - DNA-Stammbäume 	<p>Vielseitige Anwendung in der medizinischen Diagnostik und in der Arbeitsmedizin (gläserner Mensch, Human-Genom-Projekt), in Kriminologie (forensische Spurenuntersuchung, DNA-Fingerprint) und in der Stammbaumforschung (Eva-Hypothese); vgl. Leitthema 6 »Evolution des Menschen«</p>

Immunbiologie	Erweiterungswissen 5
<p>Kenntnis vom Aufbau und Funktion des Immunsystems und seiner genetischen Grundlagen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Resistenz und Immunität - Antigene und Antikörper - Immunantwort - Immungedächtnis - Immungenetik 	<p>Die Zunahme von Allergien, das Auftreten von Virusinfektionen und infektiösen Proteinen (AIDS, Ebola-Fieber, Prionen usw.), die Gewebeunverträglichkeit bei Organtransplantationen, der Einsatz von monoklonalen Antikörpern sind mögliche Beispiele zur Behandlung; Aspekte der Gesundheitserziehung</p>

Gene und Umwelt	Erweiterungswissen - fachüb. Projekt 5
<p>Kenntnis von dem Einfluss von Genen und der Umwelt auf Verhaltensweisen des Menschen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anwendung von DNA- und Genanalyse - Einschätzen der Heritabilität - Diskussion gegensätzlicher Positionen: genetizistisches Denken / reine Umwelttheorie 	<p>Kann Genetik in der Zukunft menschliches Verhalten erklären, voraussagen, ändern? Problematik der Suche nach Genen für z.B. Intelligenz, Kriminalität, Homosexualität, Suchanfälligkeit; Ergebnisse der Zwillingsforschung; Händigkeit; Eugenik; Sozialdarwinismus, Rassengesetze im 3. Reich, Apartheid-Politik</p>

Schlüsselprozesse der Entwicklung	Erweiterungswissen 5
<p>Kenntnis vom Einfluss der Gene auf die Entwicklung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Entwicklungskontrollgene - Steuerung der Musterbildung <p>Überblick über die Regulationsmechanismen bei der Zelldifferenzierung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determination und Induktionssysteme - Differenzierung 	<p>Vorstellungen über Genhierarchie (Homöobox-Gene, Organidentitäts-Gene); historische und aktuelle Methoden (Transplantationsversuche, Genkartierung); Einfluss von stofflichen Gradienten und Hormonen auf Entwicklungsvorgänge</p>

Ethik und Technik	Vertiefungswissen - fachüb. Projekt 5
<p>Überblick über ethische Grundbegriffe und Theoriebildung</p> <ul style="list-style-type: none"> - ethische Grundpositionen - Normen und Werte - Risikogesellschaft 	<p>Zusammenarbeit mit den Fächern Religion, Ethik und Sozialkunde; Darstellung von traditionellen und ethischen Grundpositionen zur Beurteilung von Verfahren der Gentechnologie (z.B. Genomdiagnose, Gentherapie) und Reproduktionsbiologie (z.B. Embryotransfer, Klonen, Organersatz)</p>

Alterungsprozesse	Erweiterungswissen 5
<p>Übersicht über die biologischen Ursachen von Altern und Sterben</p> <ul style="list-style-type: none"> - Programmtheorie - Beschädigungstheorien - evolutionäre Deutung des Alterns - soziale und psychische Faktoren 	<p>Hayflick-Grenze, Verkürzung der Telomere, Fehler bei Proteinbiosynthese, Elongationsfaktor; Theorie der freien Radikale, Reparatur-Theorie, Globaltheorie (z.B. Immunaltersschwäche, Autoimmunreaktionen, nachlassende Hormonproduktion), Abhängigkeit vom Gesamt-Energieumsatz; Einfluss von Ernährung</p>

Krebs - Gene außer Kontrolle	Erweiterungswissen	5
<p>Überblick über die Entstehung, Erkennung und Behandlung von Krebs</p> <ul style="list-style-type: none"> - Phasen eines Krebsgeschehens (Initiation, Promotion, Transformation, Progression, Invasion) - Zusammenhang zwischen ererbter Disposition, Lebensweise und Krebserkrankung - Diagnoseverfahren, Therapien 	<p>Belastung durch Viren, energiereiche Strahlen, Chemikalien, spontane Mutationen; Einfluss von Co-Kanzerogenen; Wirkung von Onkogenen und inaktiven Tumor-Suppressor-Genen; Metastasierung; Zusammenhang mit Ernährung, z.B. Darmkrebs; Vorsorgeuntersuchung</p>	

Manipulation der Fortpflanzung	Erweiterungswissen	5
<p>Einsicht in die Möglichkeiten der Manipulationen der Fortpflanzung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Insemination, Fertilisation, Klonen, Transfer <p>Einblick in die Verknüpfung von Reproduktionsbiologie und Gentechnologie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gentransfer, Organersatz 	<p>Unterscheidung von Reproduktionsbiologie und Genmanipulation; pränatale Diagnostik, Diskussion über Themen wie »Menschen nach Plan«, »Wunschkind à la carte«; gesetzliche Regelungen, z.B. Embryonenschutzgesetz; vgl. Bausteine »Formen der Fortpflanzung«, »Züchtung« und »Gentechnologie«</p>	

Allergien	Erweiterungswissen	5
<p>Einblick in Verlauf und Bedeutung von allergischen Reaktionen</p> <ul style="list-style-type: none"> - anaphylaktische Reaktionen - Autoimmun-Erkrankungen - Immunkomplex-Überreaktionen - Diagnose- und Behandlungsmöglichkeiten 	<p>Anwendung der allgemeinen Kenntnisse über Immunreaktionen; Diskussion über Zusammenhang der Zunahme von Allergien mit Umweltveränderungen (neue Werk-, Wirk- und Zusatzstoffe); vgl. »Immunbiologie«</p>	

Erbkrankheiten des Menschen	Erweiterungswissen	5
<p>Überblick über Vererbung, Diagnose und Therapie erblich bedingter Krankheiten</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ableitung, Anwendung und Erweiterung der MENDELschen Regeln - Stammbaumanalysen - Genomanalysen - Genverteilung in Populationen (HARDY-WEINBERG-Gesetz, Selektion) 	<p>Vertiefung der klassischen Genetik aus der Sekundarstufe I, z.B. durch Lesen der Originaltexte MENDELs, Computersimulationen, Fallanalysen; Auswertung von Karyogrammen, Zusammenarbeit mit humangenetischen Instituten, Möglichkeiten der genetischen Beratung; Aufstellen von Genkarten; mathematische Modelle</p>	

Eigenes Baustein-Thema:		5

Leistungsfach - Leitthema 6

»Entstehung & Veränderung lebender Systeme«

Die Evolutionstheorie erklärt einerseits die durchgängige Stabilität struktureller und funktioneller Systemeigenschaften des Lebendigen, andererseits auch die hohe Diversität der Lebensformen auf allen Organisationsebenen. Besonders dringend stellt sich die Frage nach der Entstehung von Leben und den Lebensprinzipien heute, wo der Mensch beginnt, Genotypen zu verändern. Basiswissen über Evolution und ihre genetischen Grundlagen qualifiziert zur kritischen Beurteilung technischer Eingriffe des Menschen in die Biosphäre.

Im Leistungsfach werden Fragestellungen, Hypothesen und Denkmodelle intensiv analytisch und die vielfältigen Aspekte anhand von Beispielen zur Evolution und Anthropogenese differenziert untersucht. Wissenschaftstheoretische Überlegungen ergänzen die einzelnen Bausteine. Kritische Gegenpositionen und Grenzen der Erkenntnis werden zur Diskussion gestellt, um zur Formulierung und Überprüfung eigener Standpunkte zu befähigen und zu motivieren.

Ziele und Inhalte	Hinweise / Stundenansätze
Sach- und Methodenkompetenz	

Entstehung der Artenvielfalt	Orientierungswissen 10
Überblick über die historische Entwicklung des Evolutionsgedankens - LAMARCK, CUVIER, LYELL - DARWIN und die weitere Entwicklung der Evolutionstheorie Einblick in das Zusammenwirken der Evolutionsfaktoren - Mutation, Variation, Rekombination, Gendrift - Selektion, Isolation - allopatrische und sympatrische Artbildung, adaptive Radiation	Artbildung ist ein entscheidender Schritt bei der Evolution der Mannigfaltigkeit; Erklärungsansätze für diese Mannigfaltigkeit bis zu DARWIN, von DARWIN bis heute: Synthetische Theorie, Systemtheorie, Soziobiologie; vgl. »Soziobiologie«, »Modelle der Evolution«; Diskussion weltanschaulicher Folgen und gesellschaftlicher Auswirkungen; Evolutionsspiele und Computersimulation, vgl. »Modelle der Evolution«; Biodiversität

Abstammung, Verwandtschaft	Grundlagen - Methoden 10
Kenntnis von Belegen für die Evolution - Homologie, Analogie und Konvergenz - Embryologie, Ethologie, Serologie, Molekularbiologie, Paläontologie Kenntnis von Anpassung als selektionsbedingtem Prozess - Präadaptation - Nischenbildung - Koevolution	Ordnung der Arten im natürlichen System (Auswertung von Sammlungsmaterial, Unterricht im Museum); Hinweise auf Verwandtschaftsbeziehungen (Gegenüberstellung: Hinweise - Beweise); Überblick über Evolutionsabläufe; vgl. »Erdgeschichte und Geschichte des Lebens«, »Primatenradiation«; Beispiele für rezente Anpassung: Resistenz bei Mikroorganismen, Parasiten des Menschen; Übergang zum Landleben; Verlust der Angepasstheit in der anthropogen sich ändernden Umwelt

Evolution des Menschen	Orientierungswissen 10
Kenntnis der Evolution des Menschen - Vergleich Pongidae - Hominidae - Modelle zum Hominidenstammbaum - Gattungs-, Art- und Rassenbegriff - Fossile Dokumente der Menschwerdung - Biologische Grundlagen der Hominisation - Eigenart des Menschen: z.B. Weltoffenheit, Instinktreduktion, aufrechter Gang, Mängelwesen, Kosmopolit - kulturelle Entwicklung: Jäger-, Sammler-, Agrar-, Industrie- und Informationsgesellschaft - die Zukunft des Menschen - Evolutionsökologie	Einordnung fossiler Dokumente in ein Mosaik zur Rekonstruktion der Menschwerdung; Aufzeigen geotektonischer und klimatischer Faktoren, die entscheidende Anstöße für die Entwicklung zum Menschen gaben; Tier-Mensch-Übergangsfeld, Neandertaler, Präsapienten- und Sapiensmenschen der Späteiszeit; Voraussetzungen für die Bipedie; der Mensch als physiologische Frühgeburt, Homo consumens - der Mensch als Verschwender

Erdgeschichte und Geschichte des Lebens	Orientierungswissen - fachüb. Projekt 10
Kenntnis von Hypothesen zur chemisch-physikalischen Evolution und der Evolution der Zelle - Entstehung des Universums und der Erde - molekularbiologische Modelle - Endosymbiontentheorie Einblick in die Entfaltung der Lebewesen in den einzelnen Erdzeitaltern - Auftreten bestimmter Pflanzen- oder Tiergruppen - Fossilisation und Datierung - Stammbäume	Theorien und Simulationsversuche zur Urzeugung und Selbstordnung der Materie; Proteinoide und Mikrosphären; Hyperzyklus-Modell; Evolution als Systemoptimierungsprozess; Entwicklung der Atmosphäre und des Energiestoffwechsels, vgl. Leitthema 2; Exkursion, z.B. Grube Messel; Projekt mit Erdkunde; praktische Übungen; Besuch paläontologischer Museen; Aufstellen von Stammbäumen an ausgewählten Materialien

Wissenschaftstheoretische Reflexion der Evolutionstheorie	Vertiefungswissen - fachübergr. Projekt 5
<p>Überblick über die wissenschaftstheoretische Beurteilung der Evolutionstheorie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gütekriterien zur Bewertung einer Theorie - Einwände zur Evolutionstheorie - Grenzen der biologischen Erkenntnis - Biologie als Bindeglied zwischen Natur- und Geisteswissenschaften 	<p>Gütekriterien: interne und externe Konsistenz, Erklärungswert, Prüfbarkeit, Zirkelfreiheit; Kreationismus und Schöpfungslehre als nichtüberprüfbare Einstellungen; theoretische-kognitive, praktisch-technische, ethisch-moralische Grenzen der Biologie; Überwindung der Entfremdung zwischen Biologie und Philosophie</p>

Modelle zur Evolution	Orientierungswissen 5
<p>Einsicht gewinnen in evolutionsbiologische Denkmodelle</p> <ul style="list-style-type: none"> - Frankfurter Theorie - GAIA- Hypothese - Modelle zur Erklärung der Ursachen von Massensterben 	<p>Diskussion alternativer Ansätze und Kontroversen zu DARWINs Evolutionstheorie; Organismen als energiewandelnde Konstruktionen (GUTMANN); die Erde, ein riesiger lebender Organismus (LOVE-LOCK); Unterscheidung zwischen Befund und Deutung, z.B. Rückschlüsse aus Ausgrabungsfunden; Kreationistische Kritik an der Evolutionsbiologie</p>

Soziobiologie	Vertiefungswissen 5
<p>Einblick in soziobiologische Beiträge zur Evolutionsbiologie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Erweiterung der DARWIN-Fitness durch die Gesamtfitness - Gruppenselektion, Individualektion, Verwandtenförderung - soziobiologische Kulturtheorie 	<p>Kosten-Nutzen-Analyse und Fortpflanzungserfolg; Eigennutz versus Gemeinwohl; kooperative Jungenaufzucht; biologische Variante der Spieltheorie; Konkurrenz und frequenzabhängige Selektion; Selektionsvorteil durch Infantizid; Gen/Kultur-Koevolution</p>

Primatenradiation	Vertiefungswissen 5
<p>Einblick in die stammesgeschichtliche Radiation der Primaten</p> <ul style="list-style-type: none"> - kennzeichnende Entwicklungsstufen - wichtige Fossilfunde - rezente Modellformen 	<p>Vertiefung der in neue Entwicklungsrichtungen weisenden Merkmale, ausgehend vom aktuellen Forschungsstand, vgl. »Evolution des Menschen«; Unterricht im Zoo / Museum</p>

Der Mensch - zwischen Freiheit und Normen	Vertiefungswissen - fachübergr. Projekt 5
<p>Einsicht in die Bedeutung und Grenzen der menschlichen Willensfreiheit</p> <ul style="list-style-type: none"> - Willensfreiheit und Determiniertheit - Werte und Normen als Instinktersatz - Normensysteme in menschlichen Gesellschaften - Vergleich naturalistischer und anthropozentrischer Ethikkonzepte 	<p>Notwendigkeit und Grenzen von Normen und Werten; Sozialisation und Moralentwicklung des Menschen; Gewissen, Urteile und Vorurteile; evolutionäre Ethik; Altruistisches Verhalten; Egoistische Gene und Willensfreiheit; Verantwortung für die Erhaltung der Biosphäre; vgl. »Ethik und Technik«</p>

Gehirn und Geist	Vertiefungswissen 5
<p>Einblick in die geistige Welt des Menschen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Entstehungsgeschichte des menschlichen Gehirns - Wesen und Möglichkeiten des menschlichen Geistes, Krankheiten des Geistes - Kulturelle Evolution - Die Rolle der Vernunft 	<p>Das Ich, neurobiologische Grundlagen des Bewusstseins; Gegenüberstellung Vernunft - Unvernunft; Eigenart des menschlichen Gehirns; Gehirnstruktur und Individualität; Leib-Seele-Problem; Kultur als Leistung des Geistes; Bewusstsein bei Tieren; Freiheit als Selbstbestimmung; der</p>

Die Zukunft des Menschen	Orientierungswissen - fachüb. Projekt 5
<p>Einblick in die Zukunftsprognosen für die Entwicklung der Menschheit</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lebenserwartung und Bevölkerungsentwicklung - Umwelt und Ressourcen, Ernährungssicherung - Frieden und Kooperation - städtische Agglomeration als menschliche Lebensform 	<p>Demographische Aspekte und ihre möglichen Konsequenzen; Erklärungsversuche, mögliche Maßnahmen und Steuerungen werden diskutiert; Homo prodictus, der Mensch als Verschwender; Weltmodelle, Möglichkeiten der Computersimulation</p>

Die Sprache des Menschen	Vertiefungswissen - fachübergr. Projekt 5
<p>Überblick über die Besonderheiten der menschlichen Sprache</p> <ul style="list-style-type: none"> - Das Erlernen der menschlichen Sprache - Die vier Sprachstufen - Sprachzentren des menschlichen Gehirns - Funktionen der menschlichen Sprache - nonverbale Kommunikation 	<p>Morphologische und physiologische Voraussetzungen der menschlichen Sprache; neurologische Aspekte; Spracherwerb, Sprachfunktion; Begriffsentwicklung; Begriff und Bedeutung (POPPERs drei Welten); Vergleich tierische und menschliche Sprache; Sprachfamilien der Erde; olfaktorische, taktile, visuelle, mimische-Kommunikation</p>

Der Mensch als Schaffender	Vertiefungswissen 5
<p>Überblick über die Phasen der Technikentwicklung und die Bedeutung der Technik</p> <ul style="list-style-type: none"> - Werkzeugbenutzung - Leben mit technischen Systemen - Technikfolgenabschätzung - Grenzen und Risiken der Technik - Prinzip Verantwortung 	<p>Homo faber: Was machte Werkzeugbenutzung möglich? Werkzeugverwendung im Tierreich; Entwicklung der Werkzeuge; Natur und Technik als zwei Welten; Ökologie der Zeit; neue Qualitäten moderner Techniken; Technik an den Grenzen des Lebens; Methoden der Technikbewertung; Ethik-Codizes für Wissenschaftler</p>

Der Mensch als Spielender	Vertiefungswissen 5
<p>Einblick in biologische Mechanismen, Funktionen und evolutionsbiologische Interpretationen des menschlichen Spiels</p> <ul style="list-style-type: none"> - Das Wesen des Spiels - Biologie des Spielverhaltens - Ursachen und Funktionen des Spiels 	<p>Homo ludens; Spiele bei Tieren; Spielformen in den verschiedenen Phasen der kindlichen Entwicklung; Spielen als physiologisches, kognitives und soziales Training; Spiele aus Langeweile; Faktoren, die Spielverhalten beeinflussen; Lächeln, Lachen, Humor als spielerisches Verhalten im weitesten Sinn</p>

Der Mensch als Liebender	Vertiefungswissen 5
<p>Einsicht in die zentrale Bedeutung der Liebe im Leben des Menschen</p> <ul style="list-style-type: none"> - hetero- und homosexuelle Liebe - Liebe zwischen Kind und Eltern - Unfähigkeit zu lieben - Nächsten- und Fernstenliebe - Gebot der Friedensliebe - personale Voraussetzungen der Liebe 	<p>Evolutionsbiologische Erklärungsansätze zu: Warum hat sich Sexualität in der Natur durchgesetzt? Warum entstand Bisexualität? Unterschiede im Verhalten, in den Motivationen und Emotionen zwischen Männern und Frauen; Möglichkeiten und Grenzen von Gleichheitsidealen zwischen beiden Geschlechtern; Autismus als Unfähigkeit zu lieben (FROMM)</p>

Der Mensch als Erkennender	Vertiefungswissen - Projekt 5
<p>Einblick in die Leistungen und Beschränkungen menschlicher Erkenntnisorgane</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anthropologie der Sinne, Orientierung in Raum und Zeit - Evolutionäre Erkenntnistheorie - Das Selbst - Künstliche Intelligenz - Konstruktivismus / Repräsentationismus 	<p>Homo sapiens; Mensch und Mesokosmos - Passung unseres Erkenntnisapparates; Evolution der menschlichen Erkenntnisfähigkeit; evolutionären Erkenntnistheorie und ihre Kritik; phylogenetische und ontogenetische Stufen des Selbst; Quellen selbstbezogenen Wissens; selbstwertdienliche Strategien; Was können wir wissen? Gibt es objektive Erkenntnis?</p>

Eigenes Baustein-Thema:	5

6. Vorschläge zur Strukturierung

Die folgenden Beispiele vermitteln Anregungen zum Umgang mit den Leitthemen und Bausteinen des Lehrplans (vgl. »Strukturierung«), stellen aber keine verbindlichen Rezepte dar.

Die unterschiedlich gestalteten Vorschläge basieren auf der Grundidee, dass die Pflichtbausteine das »Skelett« bilden und Wahlpflicht- sowie Wahlbausteine das individuelle »Lernumfeld« gestalten, das den jeweiligen Interessen und situativen Bedingungen der Lerngruppe Rechnung trägt. Die Beispiele zeigen Vernetzungen innerhalb der Bausteine *eines* Leitthemas und zwischen den Bausteinen *verschiedener* Leitthemen.

Dabei sollte berücksichtigt werden, dass **Leitthemen**

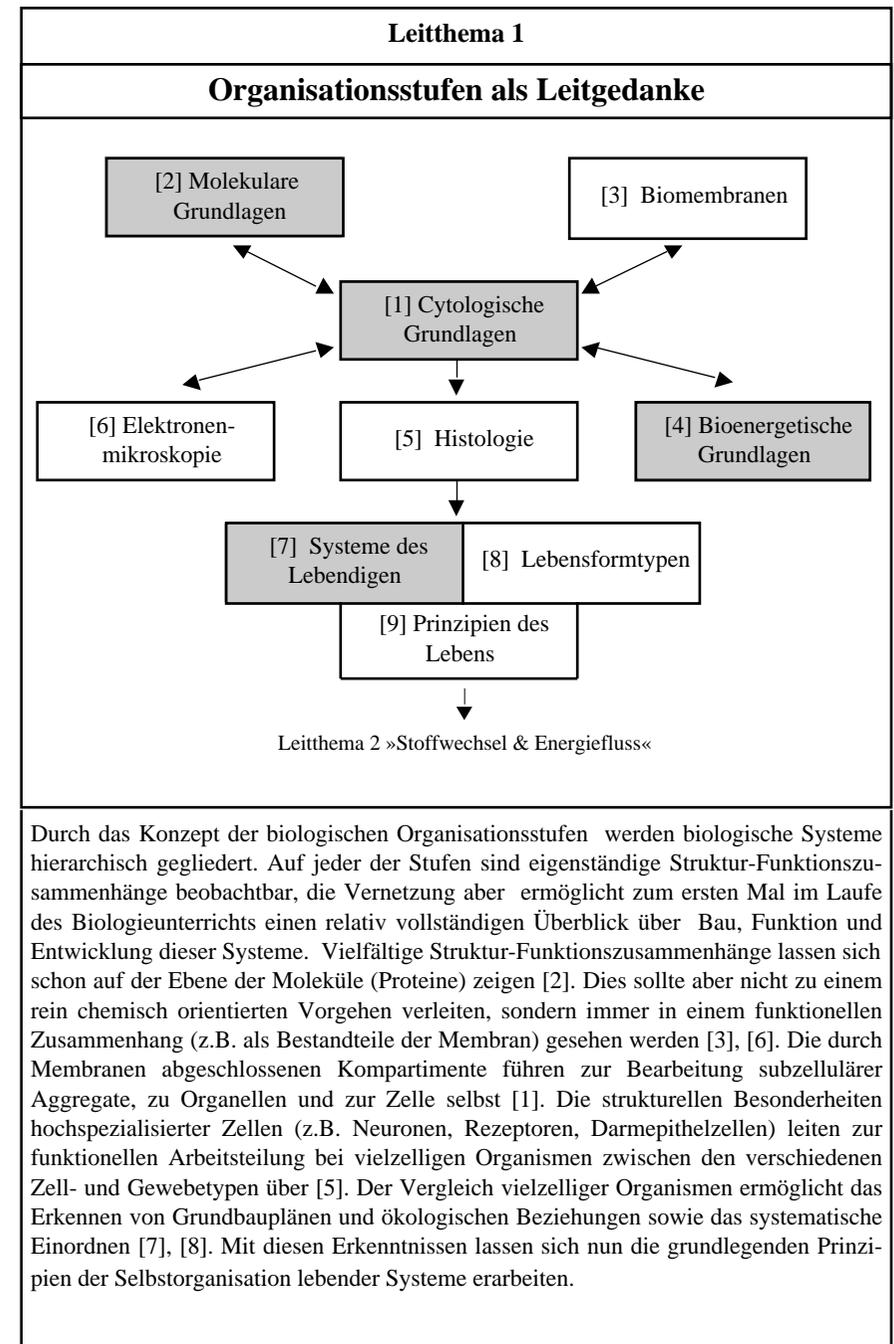
- an keine Halbjahres- und Jahresgrenzen gebunden sind,
- sich überschneiden und frei kombiniert werden können (das gilt vor allem für die drei ersten Leitthemen),
- der Einführungsphase nicht im Abitur geprüft werden dürfen.

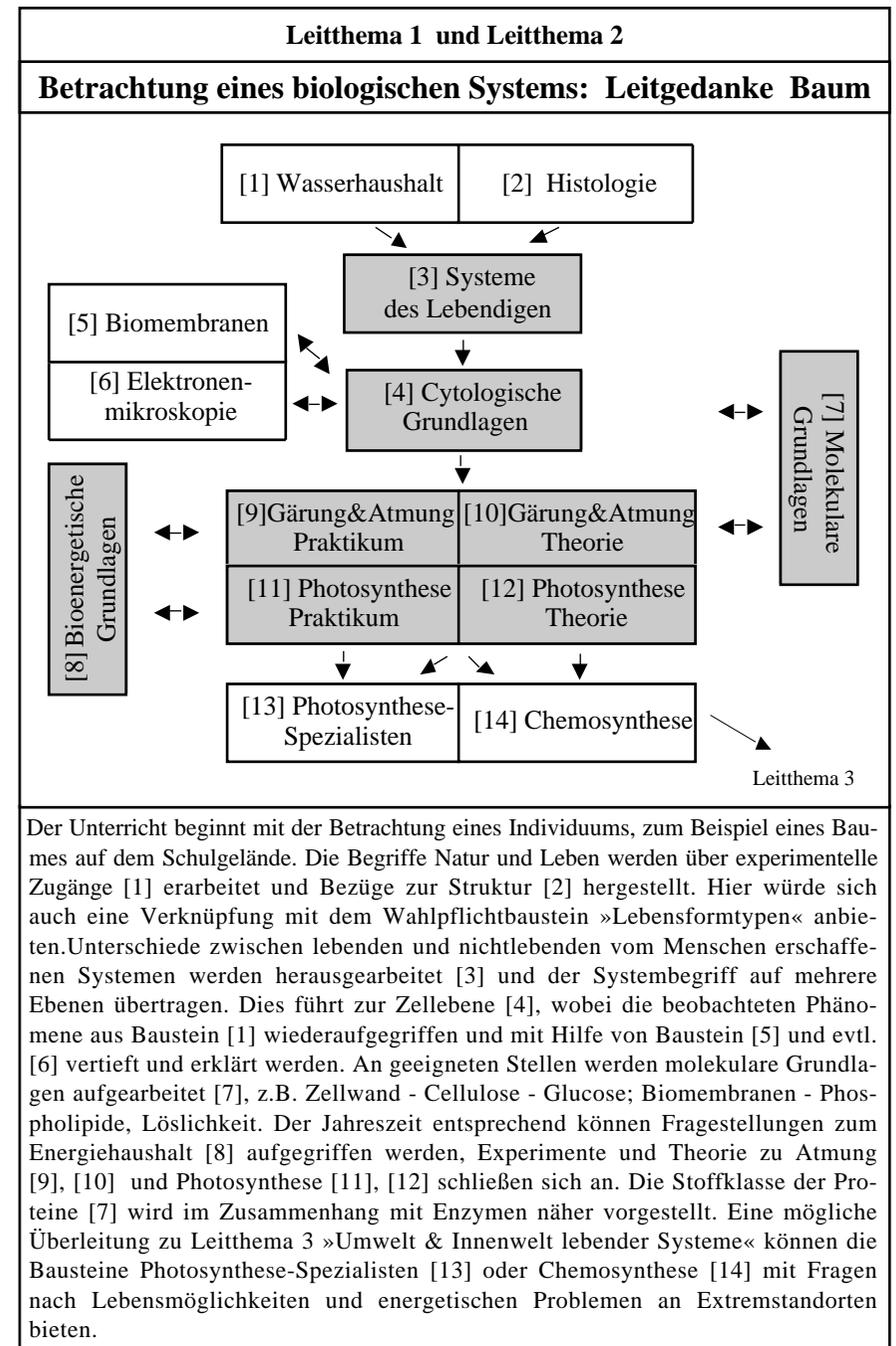
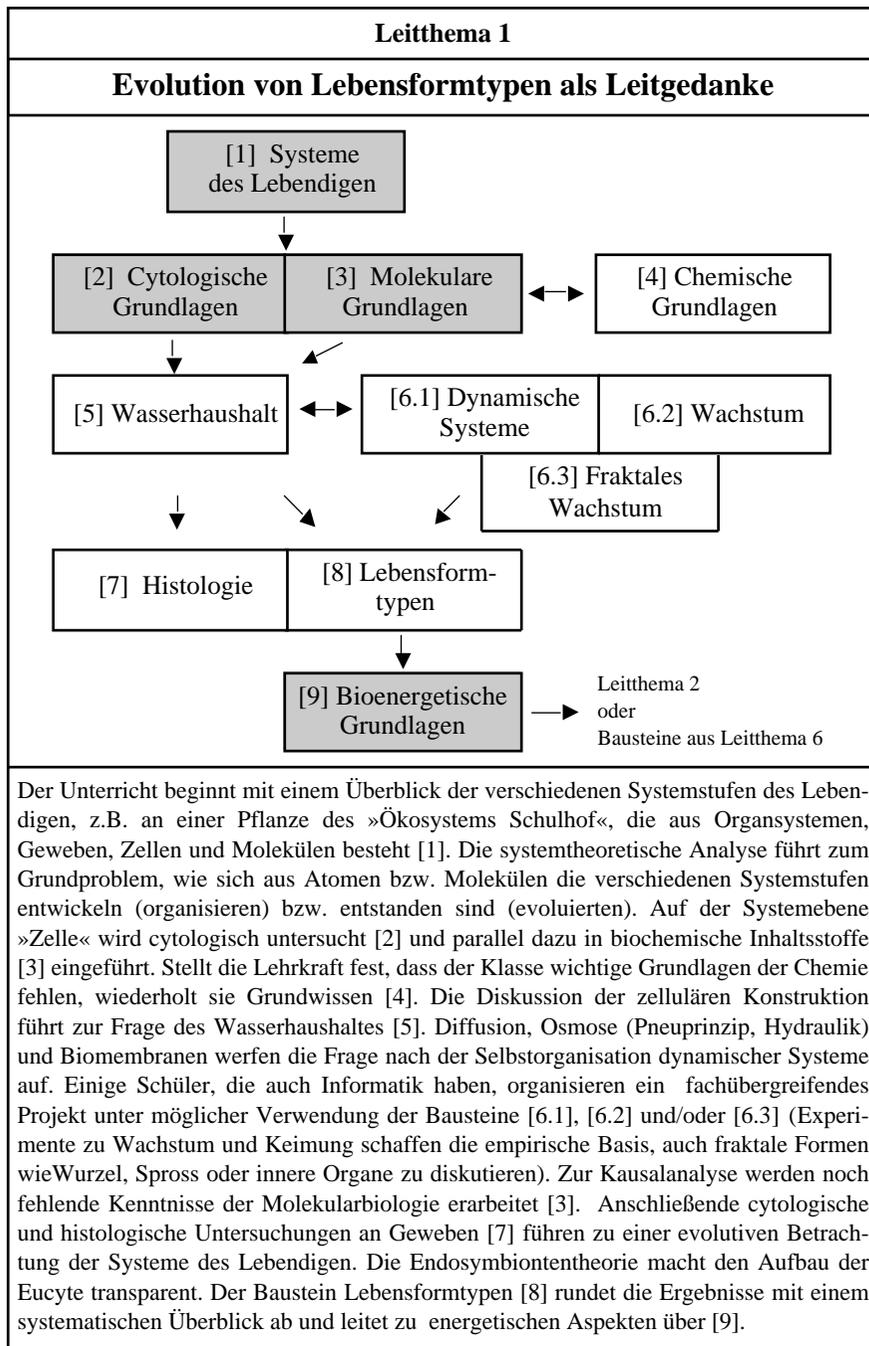
Weiter gilt für die **Bausteine**, dass

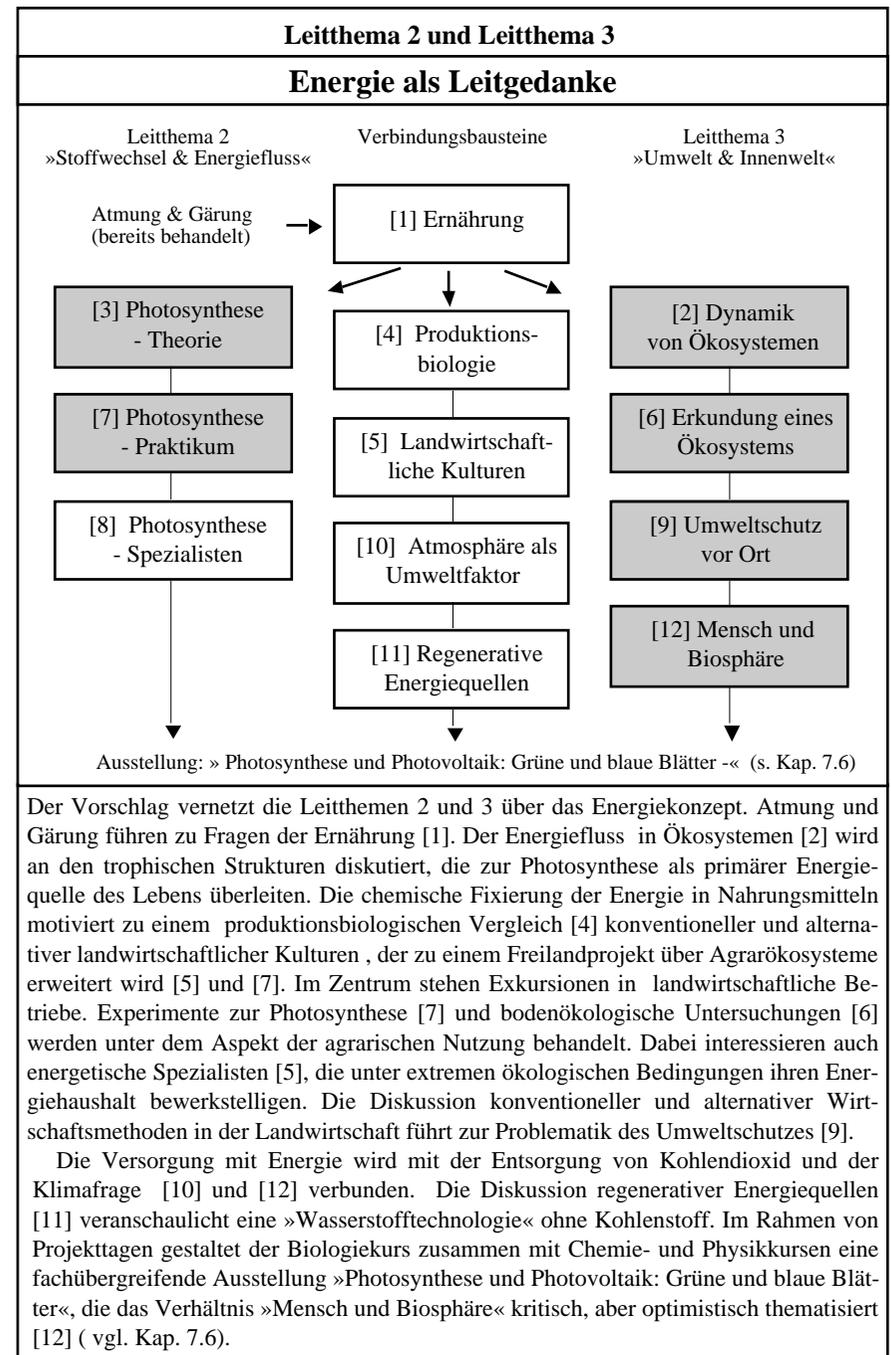
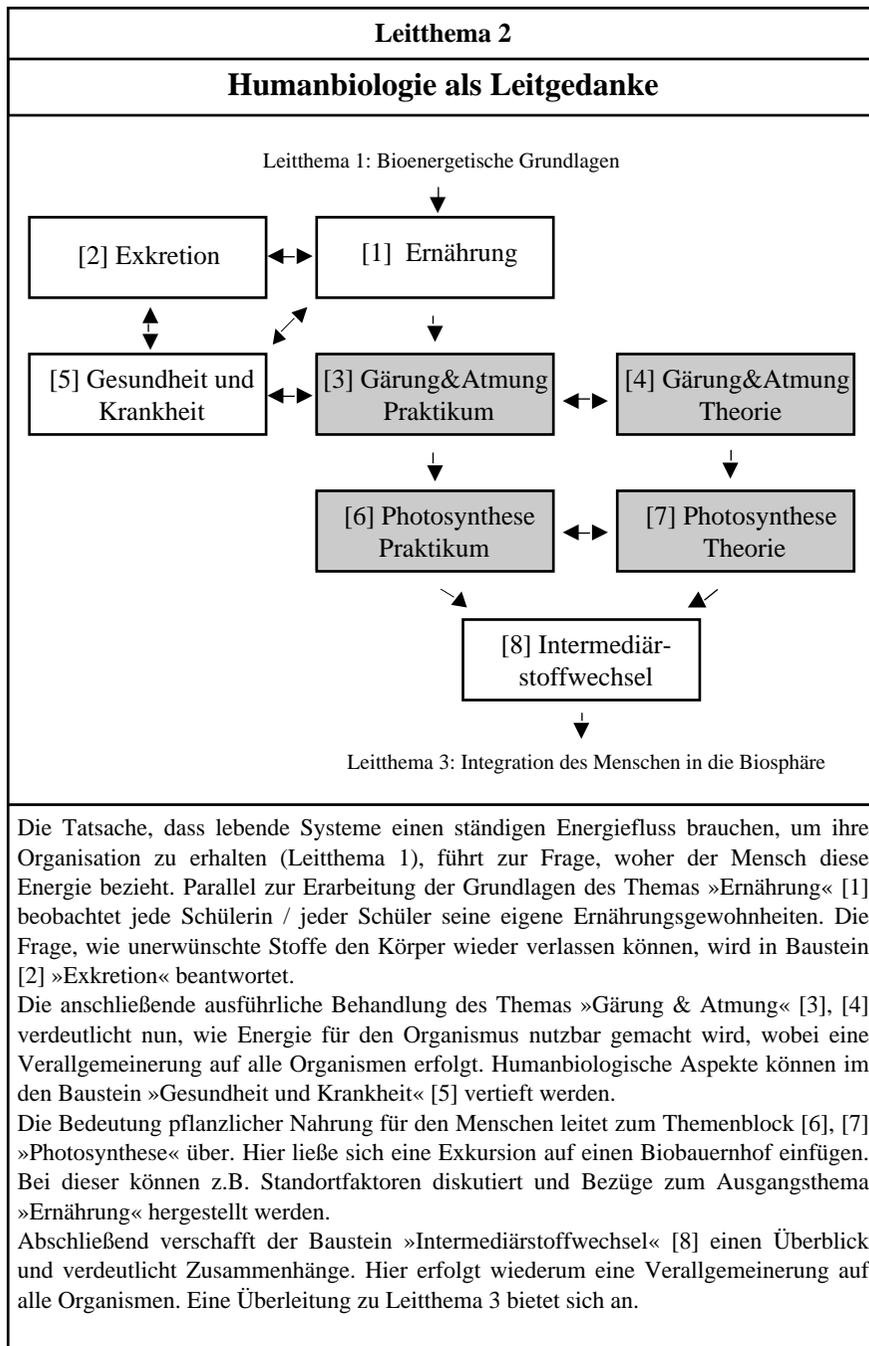
- zwei Wahlpflichtbausteine zur Schwerpunktsetzung zusätzlich einem oder zwei Leitthemen zur Schwerpunktsetzung zugeordnet werden (vgl. Abb. 2),
 - die Zahl der Wahlpflichtbausteine in den Vorschlägen meist höher ist als der Pflichtstundenansatz, der sich auf nur 60% der zur Verfügung stehenden Zeit bezieht,
 - sich durch Straffung der Inhalte mancher Bausteine zusätzlich Zeit gewinnen lässt
- und
- jeder Kurs im Rahmen des Freiraums auch *eigene Bausteine* konzipieren kann, die bei der Themenstellung zum schriftlichen Abitur berücksichtigt werden dürfen.

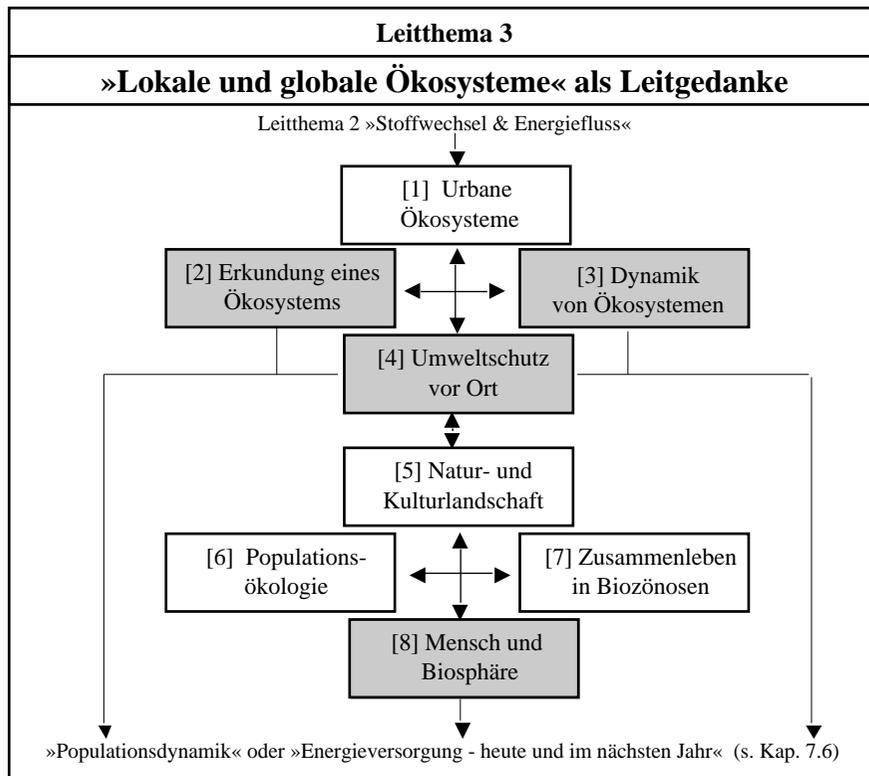
Hinweis:

Es ist geplant, Strukturierungsvorschläge mit detaillierten Materialien und Unterrichtsentwürfen in Lehrerfortbildungen und Handreichungen vorzustellen bzw. im Internet (WWW) auf Websites verfügbar zu machen¹⁰.



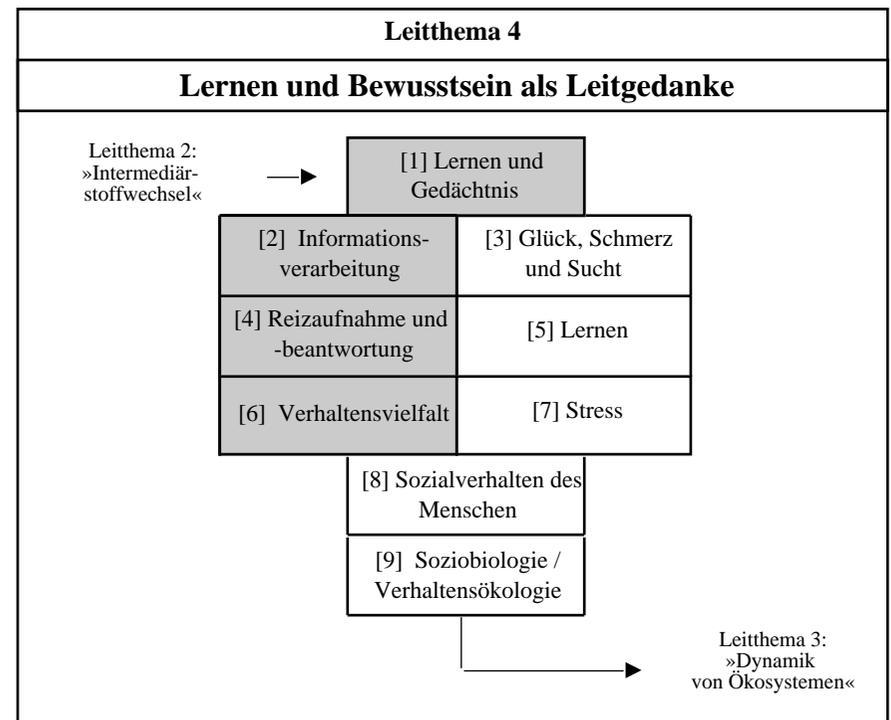




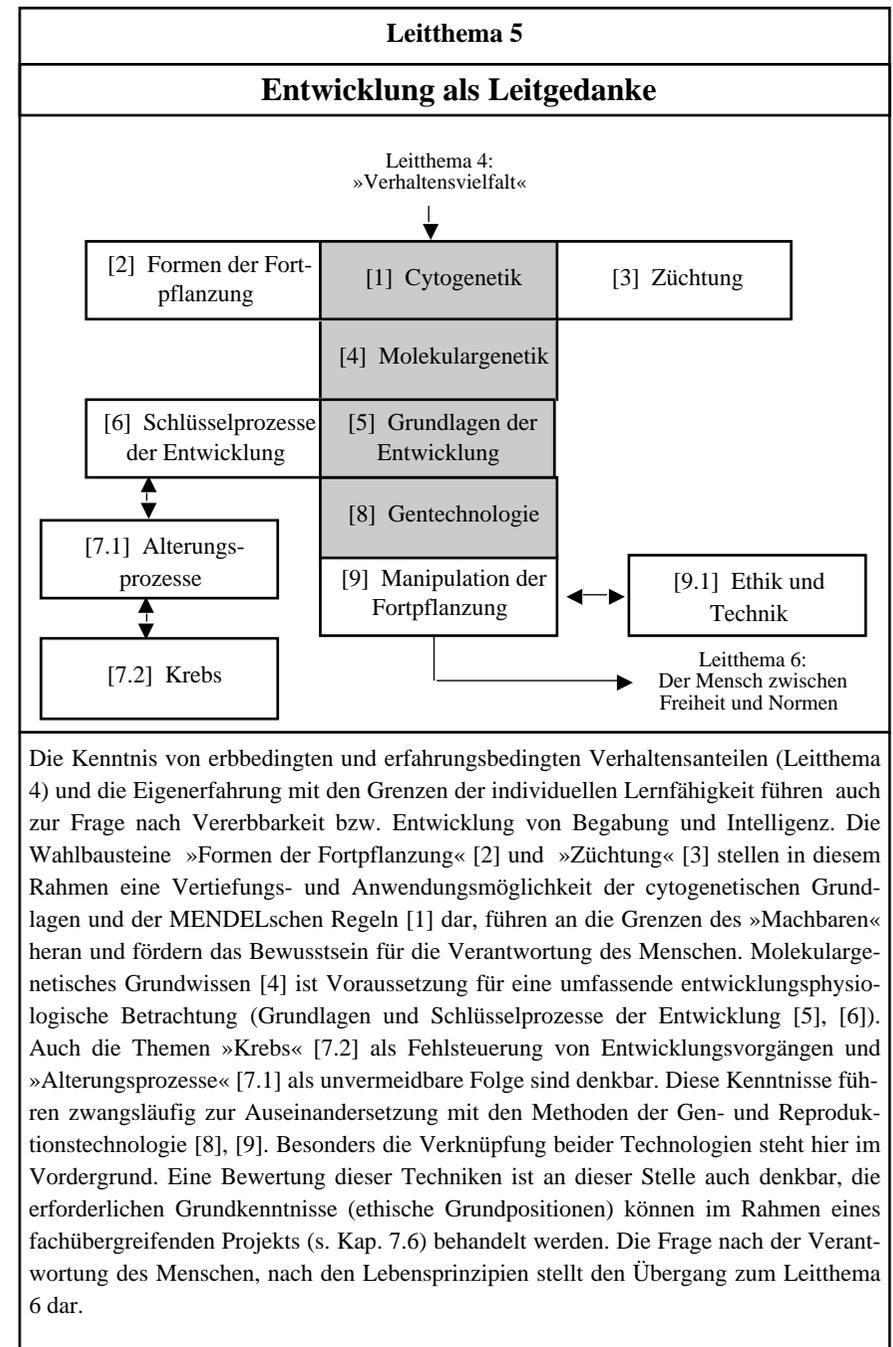
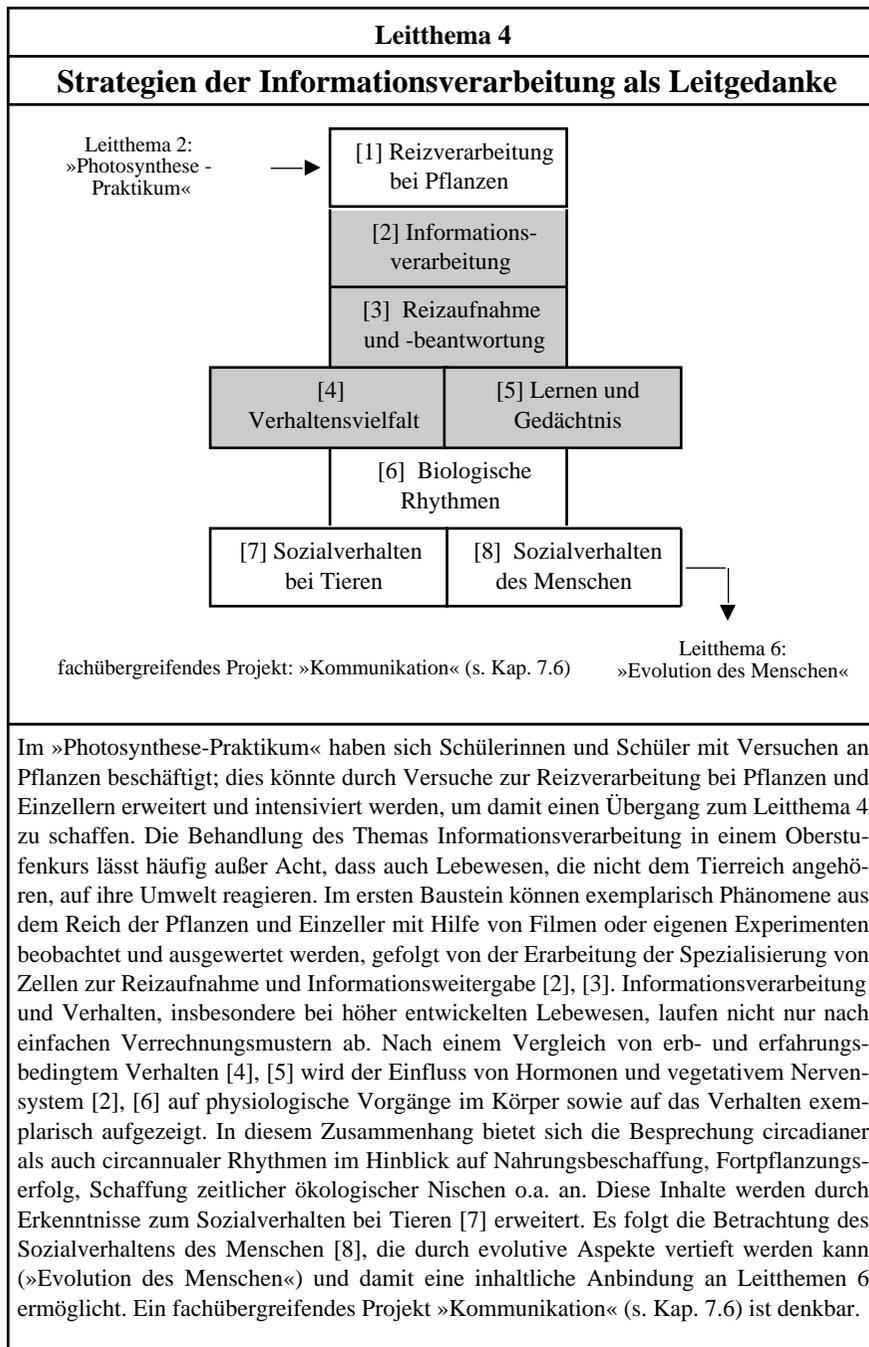


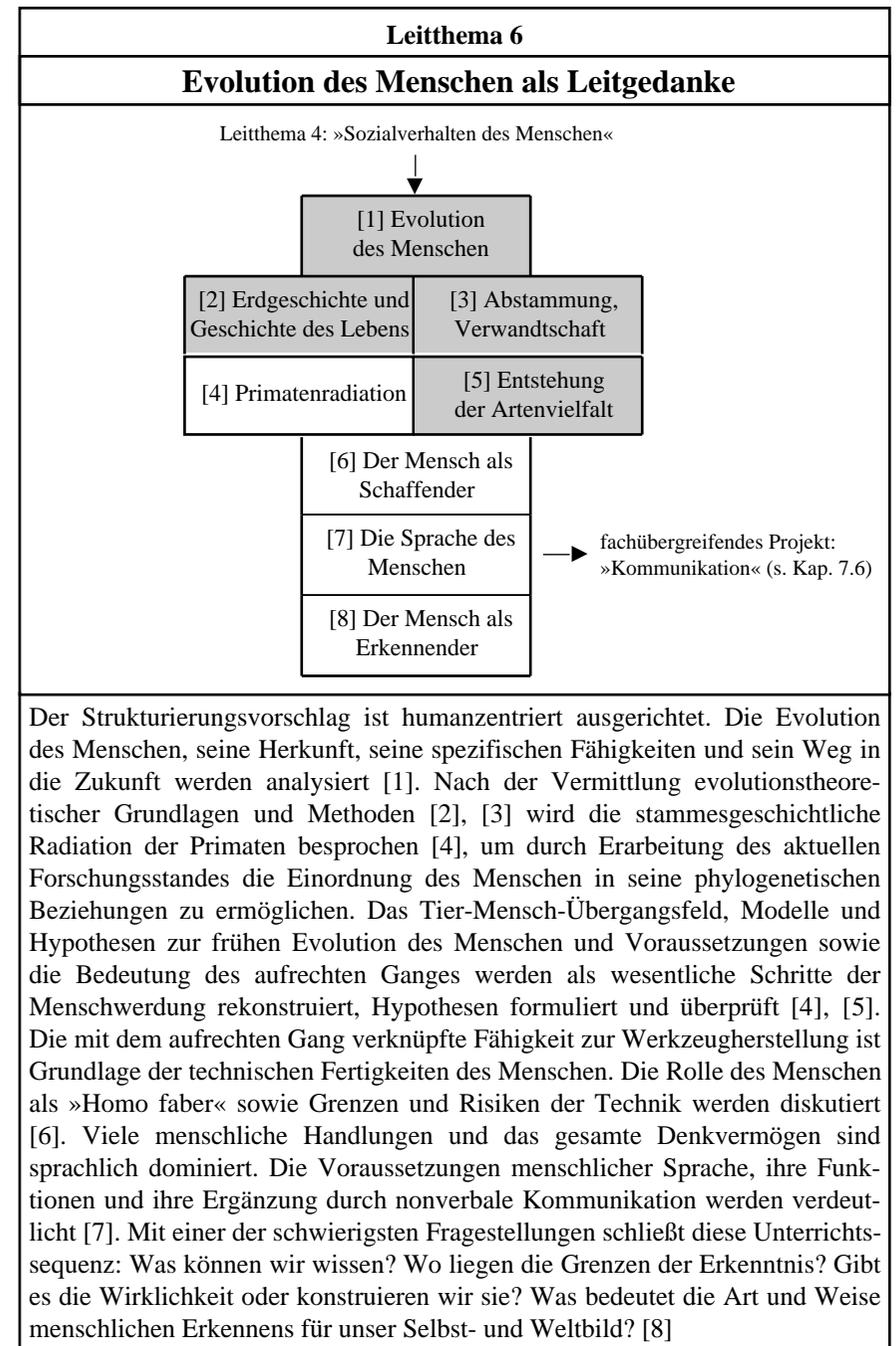
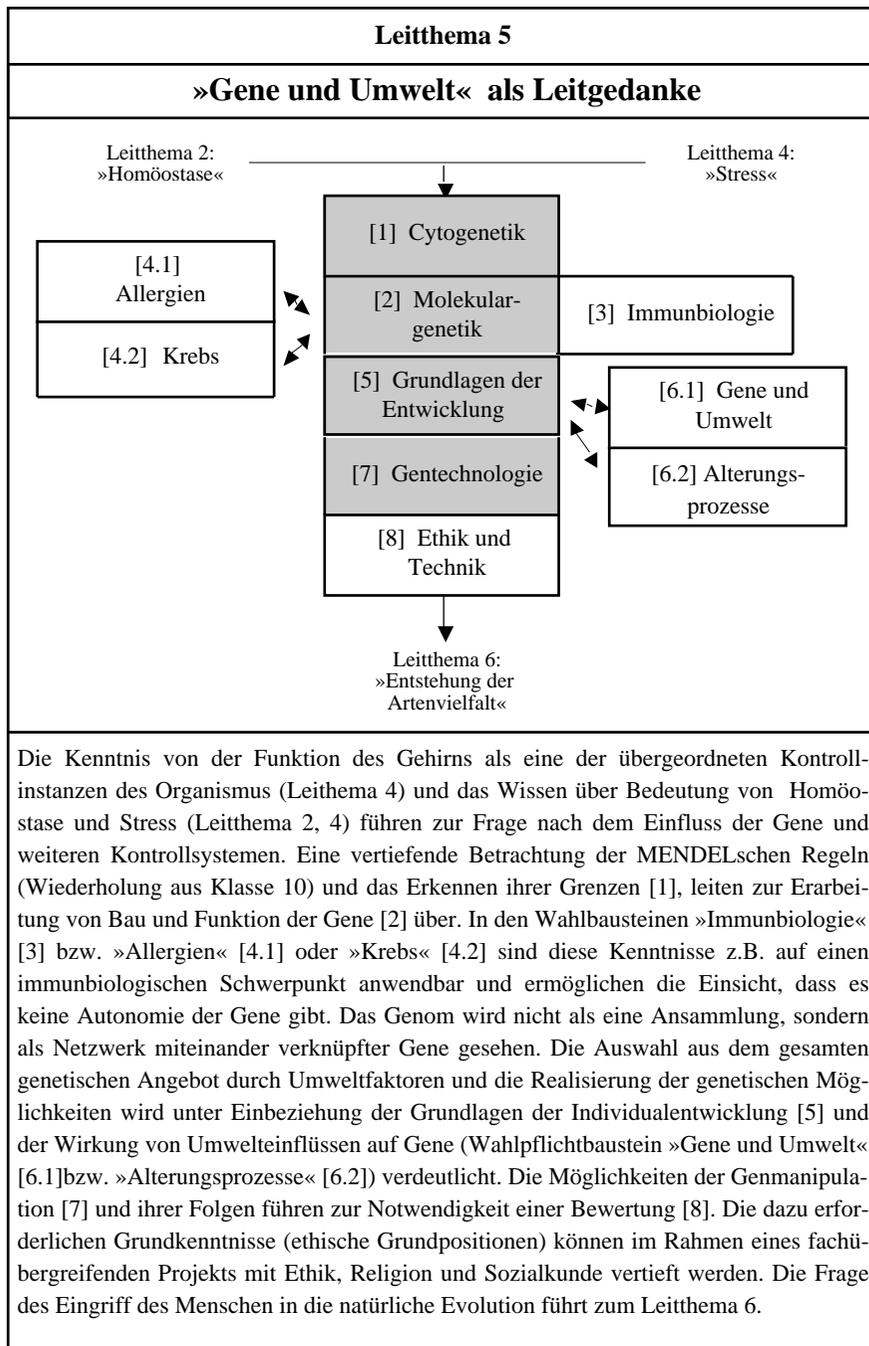
Das Leitthema 3 wird auf lokale und globale Schwerpunkte konzentriert. Der Unterricht beginnt mit der praktischen Erkundung eines städtischen Biotops, u.a. Straßenbepflanzung, Baumscheibenuntersuchungen, Flechtenkartierung in der Nähe der Schule [1] und [2]. Parallel dazu werden Grundlagen von Ökosystemen auf der Basis stadtoökologischer Untersuchungen erarbeitet [3]. Ergebnisse der Umwelt-Analyse werden mit den Innenwelt-Ansprüchen des Städtlers verglichen und diskutiert. In Zusammenarbeit mit dem Planungsausschuss der Gemeinde entwickeln die Kursteilnehmer Kriterien einer ökologisch verträglichen Stadtplanung. Die Ergebnisse praktischer Arbeit und theoretischer Reflexion werden in einer Poster-Ausstellung veröffentlicht [4] oder münden in ein Projekt.

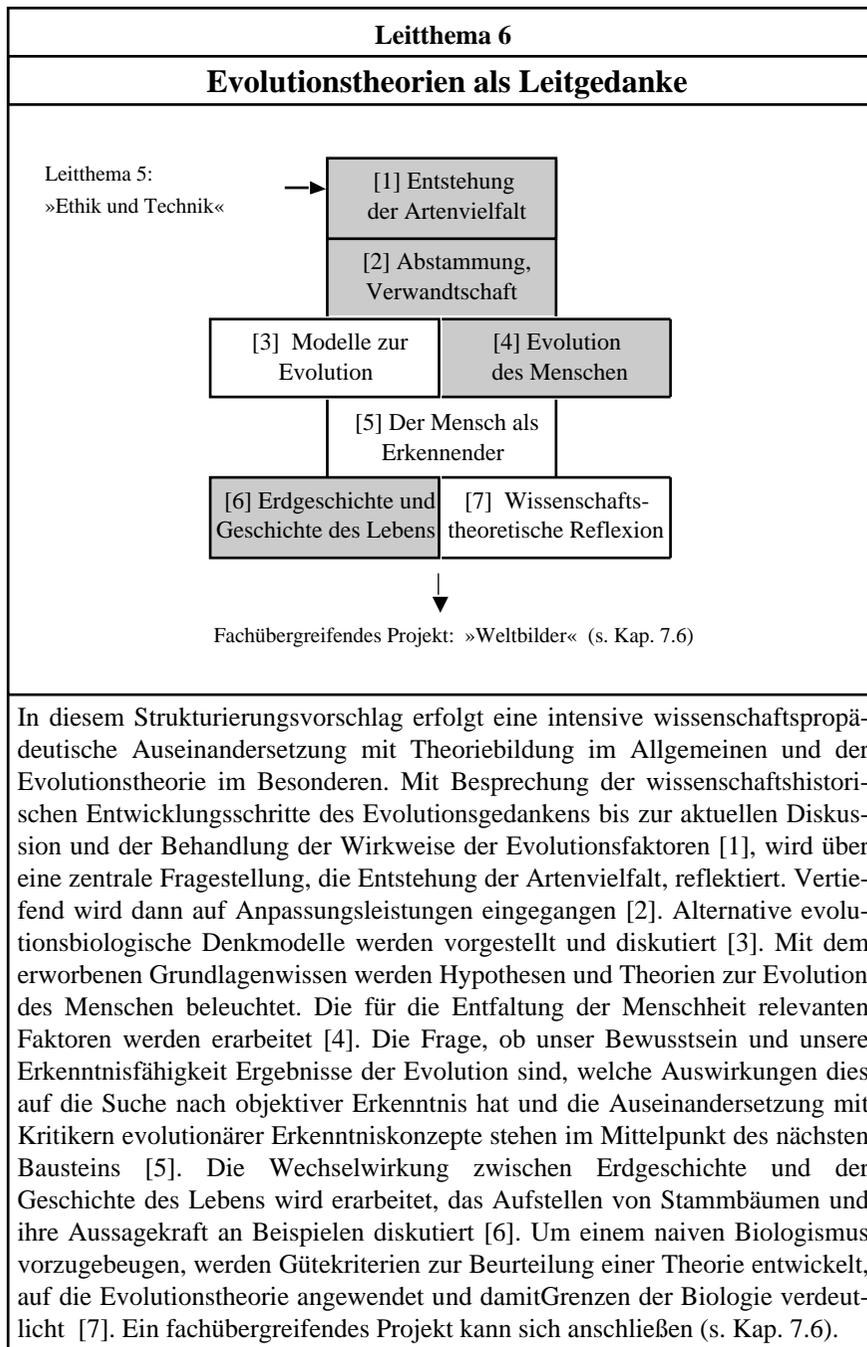
Lokale Aspekte werden in einem zweiten Themenkreis globalisiert. Die Frage der Verstädterung als Eingriff des Menschen in die Biosphäre führt über einen historischen Abriss der Entwicklungen von der Natur- zur Kulturlandschaft [5] zu Problemen des Wachstums der menschlichen Population [6] und thematisiert das Zusammenleben in Biozönosen [7]. Im Zentrum stehen die »Grenzen des Wachstums«. Simulationsmodelle des Club of Rome, Auszüge der Agenda 21 dienen zur Reflexion der globalen Situation der Menschheit. Aktuelle Bezüge (Klima- und Ozonproblem, wirtschaftliche Entwicklungen u.a.) werden in Kleingruppen arbeitsteilig analysiert. Es entsteht ein Mosaik des Menschen in der Biosphäre [8] mit einem Ausblick in die eigene Zukunft. Ein fachübergreifendes Projekt mit Geographie- und Sozialkundekursen bietet sich an.



Informationsverarbeitung als energiezehrender Prozess beim Lernvorgang schafft eine unterrichtliche Verbindung vom Energiestoffwechsel zu Leitthema 4. Der Unterricht beginnt mit einem Lernversuch der Schülerinnen und Schüler (z.B. assoziatives Wörterlernen). Ausgehend von den dabei gemachten Erfahrungen werden Lerntypen und Speicherschnitte der Gedächtnisbildung angesprochen [1]. Bevor die Fragen nach den an Lern- und Gedächtnisprozessen gebildeten Hirnstrukturen und den neurobiologischen Aspekten des Lernens beantwortet werden können, müssen anatomische und physiologische Grundlagen der Erregungsentstehung und Erregungsweiterleitung gelegt werden [2]. Die Effektivität von Lernprozessen erhöht sich mit der Anzahl der sensorischen Zugänge; in diesem Zusammenhang wird die Reizaufnahme und Reizverarbeitung besprochen [3]. Aktuelle Erkenntnisse zum Belohnungssystem des Gehirns [4] vertiefen die Inhalte zur dortigen Informationsverarbeitung. Endogene Determinanten von Verhalten werden an Hormonen und vegetativem Nervensystem konkretisiert [2] und durch die Betrachtung der physiologischen Grundlagen der Stressreaktion erweitert [5]. Ausgehend von Verhaltensbeobachtungen an Tieren werden deren Reaktionen hinsichtlich erfahrungsbedingter und erbbedingter Verhaltenselemente analysiert und Methoden ethologischer Forschung diskutiert [6], [7]. Verschiedene Komponenten, die das Zusammenleben der Menschen beeinflussen, bestimmen die folgende Unterrichtssequenz [8]. Beispiele zum Sozialverhalten der Tiere unter ökologischem Betrachtungswinkel [9] schließen sich ergänzend an und könnten durch Vernetzung mit dem Baustein »Dynamik von Ökosystemen« eine Überleitung zum Leitthema 3 schaffen.







Eigenes Strukturierungsschema
Leitgedanke:

7. Fachübergreifendes und fächerverbindendes Lernen

7.1 Didaktische Begründung

Damit die Schule ihren Bildungsaufgaben in vollem Umfang gerecht werden kann, muss sie zu einer sinnvollen Balance zwischen systematischem und situationsbezogenem Lernen finden. Das bedeutet, dass das Lernen in den einzelnen Fächern einerseits und fachübergreifendes bzw. fächerverbindendes Lernen andererseits unverzichtbar und konstituierende Bestandteile des Unterrichts sind.

Die Gliederung des Unterrichts in einzelne Fächer ist aus mehreren Gründen sinnvoll und notwendig. Einerseits wird durch die Beschränkung auf die Aspekte eines Fachs der Komplexitätsgrad der Inhalte vermindert. Schülerinnen und Schüler können in relativ überschaubaren Bereichen Wissen und Fähigkeiten erwerben. Andererseits haben die einzelnen Fächer und Fachgruppen jeweils spezifische Methoden der Erkenntnisgewinnung und der Theoriebildung. Schülerinnen und Schüler sollen diese fachbezogenen Denk- und Arbeitsweisen kennen lernen und einüben, um sie dann in komplexeren Zusammenhängen anwenden zu können.

Eine enge Beschränkung auf den Fachunterricht bringt allerdings auch Probleme mit sich.

Zum einen besteht die Gefahr, dass Schülerinnen und Schüler nur noch fachspezifische Facetten von Sachverhalten wahrnehmen. Selbst wenn in unterschiedlichen Fächern das gleiche Thema behandelt wird, stehen die jeweiligen Aspekte häufig unverbunden nebeneinander. Vonseiten der Lehrkräfte an Schulen und Hochschulen und auch vonseiten der Wirtschaft wird diese Situation beklagt; man spricht von „Schubladenwissen“. Darüber hinaus begünstigt das Lernen isolierter Sachverhalte ein schnelles Vergessen des Gelernten.

Zum anderen erfordern die Wissensexplosion und der schnelle Wandel des Wissens, die komplexen Strukturen und Interdependenzen in allen Bereichen von Gesellschaft, Wirtschaft, Wissenschaft und Technik in zunehmendem Maß übergreifendes, vernetztes Denken. Viele aktuelle Probleme sind nicht allein analytisch durch Zerlegung in Teilprobleme und deren Lösung zu bewältigen. Es müssen vielfältige Abhängigkeiten und Verflechtungen berücksichtigt werden.

Das ist auch für den Unterricht relevant, soll er sich doch an der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler orientieren, zu Entscheidungs- und Handlungskompetenz führen und zur Übernahme von Verantwortung befähigen. Diese Ziele bedingen, dass in verstärktem Maß realitätsnahe Problemstellungen Ausgangspunkt von Lernprozessen sein müssen. Solche Problemstellungen lassen sich aber in der Regel nur im Zusammenwirken von Sachkompetenz aus

mehreren Fachgebieten bewältigen. Kenntnisse und Fähigkeiten in den einzelnen Fächern sowie die Beherrschung der verschiedenen wissenschaftlichen Denkweisen und Arbeitsmethoden sind Voraussetzungen für die Bearbeitung fachübergreifender Problemstellungen.

Die Verfügbarkeit neuer Medien und Technologien erweitert die Möglichkeiten der Informationsbeschaffung und -verarbeitung und öffnet Wege zu einem übergreifenden Denken in Zusammenhängen.

7.2 Beiträge zur Methoden- und Sozialkompetenz

Im fachübergreifenden und fächerverbindenden Unterricht sollen die Schülerinnen und Schüler, zumindest exemplarisch,

- erfahren, dass für eine Lösung realitätsnaher Problemstellungen meist aus verschiedenen Fächern Aspekte, die einander ergänzen b.z.w. gegeneinander abgewogen werden müssen, zu berücksichtigen sind.
- Wissen und methodische Fähigkeiten, die im Fachunterricht erworben wurden, als Beiträge zur Lösung eines komplexen Problems einbringen und dadurch die Bedeutung des Gelernten für die Bewältigung lebensweltlicher Situationen erfahren.
- lernen, eine Problemstellung von verschiedenen Seiten zu beleuchten und Lösungsansätze nicht vorschnell und unkritisch auf die Verfahren eines bestimmten Fachs einzuschränken.
- erfahren, dass die Zusammenführung verschiedener fachlicher Sichtweisen zu einem tieferen Verständnis eines Sachverhalts führen kann.
- die Bereitschaft und Fähigkeit entwickeln, zur Bearbeitung einer größeren, komplexen Problemstellung mit anderen zu kommunizieren und zu kooperieren.
- lernen, Problemlöseprozesse möglichst selbstständig zu organisieren, auch in Partnerarbeit oder im Team.
- lernen, die Ergebnisse eines Arbeitsprozesses zu strukturieren und so zu präsentieren, dass sie von anderen, die nicht an dem Prozess beteiligt waren, verstanden werden können.

7.3 Lehrplanbezug

Die Lehrpläne schaffen äußere Voraussetzungen für die Realisierung fachübergreifenden und fächerverbindenden Unterrichts, indem

- keine verbindliche Reihenfolge für die Behandlung des Pflichtstoffs in den Fächern festgelegt wird,
- in gewissen Teilbereichen die Entscheidung über die inhaltlichen Schwerpunkte den Lehrerinnen und Lehrern bzw. den Fachkonferenzen überlassen bleibt,
- durch Beschränkung des Pflichtstoffs zeitliche Freiräume geschaffen werden,
- im Anhang Themenvorschläge für entsprechende Unterrichtseinheiten enthalten sind.

7.4 Verbindlichkeit

Fachübergreifendes Denken und Arbeiten soll grundsätzlich in der gesamten gymnasialen Oberstufe und in allen Fachkursen an geeigneten Stellen in den Unterricht integriert werden (vgl. 7.5.1).

Darüber hinaus sollen innerhalb der gymnasialen Oberstufe (Jahrgangsstufen 11 bis 13) alle Schülerinnen und Schüler mindestens einmal an einem fächerverbindenden Unterrichtsvorhaben teilnehmen.

7.5 Organisationsformen

Fachübergreifendes und fächerverbindendes Lernen kann auf verschiedenen Ebenen erfolgen, die auch unterschiedliche Organisationsformen erfordern. Organisatorisch problemlos sind alle Formen fachübergreifenden und fächerverbindenden Lernens, die sich im Rahmen der Fachkurse realisieren lassen. Um übergreifende Themen behandeln zu können, die einen größeren zeitlichen Rahmen erfordern, oder zu denen mehrere Fächer etwa gleich gewichtige Beiträge liefern, ist es jedoch erforderlich für den entsprechenden, begrenzten Zeitraum neue, an den Themen orientierte Lerngruppen zu bilden. Dies ist in der gymnasialen Oberstufe aufgrund der differenzierten Kursbelegung nicht immer leicht zu organisieren. Welche Organisationsform die günstigste ist, muss anhand der speziellen Rahmenbedingungen an der einzelnen Schule entschieden werden.

Im Folgenden sind exemplarisch mögliche Organisationsformen für fachübergreifendes und fächerverbindendes Lernen im Rahmen der Fachkurse wie auch in neu gebildeten Lerngruppen aufgeführt. Selbstverständlich sind auch andere als die hier genannten Formen möglich.

7.5.1 Fachübergreifendes und fächerverbindendes Lernen im Rahmen der Fachkurse

- Die Lehrerinnen und Lehrer integrieren in den Fachunterricht an geeigneten Stellen Aspekte anderer Fächer oder Fachbereiche - insbesondere derjenigen, für die sie die Lehrbefähigung besitzen.
- Durch die Einbeziehung außerschulischer Lernorte (z.B. im Rahmen von Exkursionen) werden der Anwendungsbezug und die fachübergreifende Dimension des jeweiligen Themas für die Schülerinnen und Schüler unmittelbar erfahrbar.
- In bestimmten Unterrichtsabschnitten übernimmt eine zweite Lehrkraft allein oder zusammen mit der Fachlehrkraft den Unterricht (Team-Teaching). Auch können Vorträge von externen Fachleuten in den Unterricht integriert werden, um Bezüge zu anderen Fachrichtungen aufzuzeigen.
- Kurse verschiedener Fächer, die im Stundenplan parallel liegen, werden für mehrere Stunden zur Durchführung eines fächerverbindenden Projekts zusammengefasst. Der fächerverbindende Unterricht tritt für diesen Zeitraum an die Stelle des Fachunterrichts.

7.5.2 Fachübergreifendes und fächerverbindendes Lernen in hierfür neu gebildeten Lerngruppen

- Für eine „Projektphase“, die mehrere Tage umfasst, werden die Schülerinnen und Schüler einer Jahrgangsstufe in neue Lerngruppen eingeteilt. In jeder dieser Lerngruppen wird ein fächerverbindendes Thema behandelt. Es ist denkbar, dass in einer Lerngruppe eine einzige Lehrkraft alle Aspekte des Themas behandelt, aber auch, dass im zeitlichen Wechsel oder im Team-Teaching mehrere Lehrkräfte beteiligt sind.
- Über ein Schuljahr oder ein Halbjahr hinweg wird jeweils eine Doppelstunde pro Woche für alle Schülerinnen und Schüler einer Jahrgangsstufe von Fachunterricht freigehalten. Diese Doppelstunde steht für fächerverbindenden Unterricht in dafür neu gebildeten Lerngruppen zur Verfügung. Die Teilnahme daran kann für die Schülerinnen und Schüler über den Pflicht-Fachunterricht hinaus verbindlich gemacht werden. Die so durchgeführten fächerverbindenden Unterrichtsprojekte müssen sich nicht über ein ganzes Halbjahr erstrecken, sie können auf wenige Wochen beschränkt sein.

7.6 Themenvorschläge und Anregungen für fachübergreifende und fächerverbindende Unterrichtseinheiten

Im Folgenden sind mehrere Themenbereiche für fachübergreifende und fächerverbindende Unterrichtsvorhaben aufgeführt. Für jeden Themenbereich sind in Form von Bausteinen thematische Schwerpunkte genannt, die sich für eine Zusammenarbeit von Biologie mit anderen Fächern eignen und es gestatten, fachübergreifende Leitlinien und Vernetzungen aufzuzeigen.

Die Auswahl der Themenbereiche und thematischen Bausteine richtet sich u.a. danach, ob ein Bezug zu den Fachlehrplänen der jeweils betroffenen Fächer hergestellt werden kann und ob bereits gewisse methodische Erfahrungen vorliegen oder Handreichungen zur Verfügung stehen.

Die aufgeführten Themen sind nicht verbindlich. Sie sind als Beispielsammlung gedacht und erheben in keiner Weise den Anspruch auf Vollständigkeit.

Die Themenvorschläge und die aufgezeigten Bezüge verschiedener Fächer zu dem jeweiligen Rahmenthema sollen anregen und ermuntern, fachübergreifende und fächerverbindende Unterrichtseinheiten zu planen, zu erproben und Erfahrungen zu sammeln. In der Regel werden Fachlehrerinnen und -lehrer verschiedener Fächer kooperieren und ihre jeweilige Sachkompetenz bei der Planung und Durchführung eines Unterrichtsvorhabens einbringen.

Umfang und Komplexität eines solchen Vorhabens werden sich an der zur Verfügung stehenden Zeit und den Möglichkeiten der Realisierung orientieren. Auch kleinere Projekte, an denen außer Biologie nur ein oder zwei weitere Fächer beteiligt sind und bei denen nur einige der für das jeweilige Fach aufgeführten "möglichen Beiträge" berücksichtigt werden, können der Zielsetzung des fachübergreifenden und fächerverbindenden Unterrichts gerecht werden.

Ernährung und Ernährungssicherung	
Beiträge der Fächer	Hinweise
<p>Biologie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ernährung und Gesundheit - Intermediärstoffwechsel - Nahrungsmittelbestandteile, Allergien - Überernährung - Mangelernährung - Tragfähigkeit der Erde - Konventionelle und alternative Landwirtschaft - Rückstände in Nahrungsmitteln - Züchtung - Gentechnisch veränderte Nutzpflanzen - Tierhaltung - psychologische Aspekte der Nahrungsmittelwerbung - integrierter Pflanzenschutz 	<p>Bausteine des Lehrplans</p> <p>LT 1 »Molekulare Grundlagen« LT 2 »Ernährung« LT 2 »Gärung und Atmung« LT 2 »Intermediärstoffwechsel« LT 2 »Gesundheit und Krankheit« LT 3 »Produktionsbiologie« LT 3 »Landwirtschaftliche Kulturen« LT 3 »Mensch und Biosphäre« LT 3 »Natur- und Kulturlandschaft« LT 5 »Züchtung« LT 5 »Allergien« LT 5 »Gentechnologie« LT 6 »Evolution des Menschen« LT 6 »Die Zukunft des Menschen«</p>
<p>Chemie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Struktur und Eigenschaften von Nährstoffen - Verbrennungsenthalpien der Nährstoffe - Herstellung und Kontrolle von Lebensmitteln, Zusatzstoffe <p>Erdkunde - Sozialkunde</p> <ul style="list-style-type: none"> - geopolitische Aspekte der Ernährungsressourcen - Landwirtschaft in verschiedenen Klimazonen - Veränderungen in der Agrarlandschaft - Tragfähigkeit der Erde - Möglichkeiten und Grenzen der Nutzung der natürlichen Ressourcen in globaler Sicht <p>Ethik - Religion</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hunger in der Welt - Verantwortung der Industrieländer 	<p>Zuordnung zu den Lehrplänen</p> <p>(Genauere Hinweise zu den Lehrplänen können hier eingetragen werden)</p>

Ethische Bewertung neuer Technologien	
Beiträge des Faches	Hinweise
<p>Biologie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wahrnehmung und Bewertung des Problemfelds - Beispiele aus dem Bereich Gen- und Reproduktionstechnologie - Nutzen neuer Technologien - Gefahren neuer Technologien - Verhältnis Mensch - Mitlebewesen - Entwicklung von rechtfertigungsfähigen Handlungsalternativen - gesetzliche Regelungen (Embryonenschutzgesetz, Patentierung, Gentechnik-Gesetz, Tierschutz, Umweltschutz) 	<p>Bausteine des Lehrplans</p> <p>LT 2 »Ernährung« LT 2 »Gesundheit und Krankheit« LT 3 »Landwirtschaftliche Kulturen« LT 3 »Mensch und Biosphäre« LT 3 »Umweltschutz vor Ort« LT 3 »Atmosphäre als Umweltfaktor« LT 5 »Gentechnologie« LT 5 »Manipulation der Fortpflanzung« LT 5 »DNA-Analyse« LT 5 »Ethik und Technik« LT 6 »Der Mensch zwischen Freiheit und Normen « LT 6 »Die Zukunft des Menschen«</p>
<p>Ethik / Religion</p> <ul style="list-style-type: none"> - ethische Grundpositionen - christliche Ethik, deontologische Ethik Kants, utilitaristische Ethik, Verantwortungsethik, Theorie der Gerechtigkeit, Diskursethik <p>Chemie / Physik</p> <ul style="list-style-type: none"> - Atomtechnologie - Vergleich mit Bereichen der Biotechnologien - Beispiel für reaktive Technikbewertung zum Vergleich für ein innovatives Vorgehen <p>Informatik</p> <ul style="list-style-type: none"> - neue Kommunikationstechnologien <p>Englisch</p> <ul style="list-style-type: none"> - Brave New World (HUXLEY) - 1984 (ORWELL) 	<p>Zuordnung zu den Lehrplänen</p> <p>(Genauere Hinweise zu den Lehrplänen können hier eingetragen werden)</p>

Gesundheit	
Beiträge des Faches	Hinweise
<p>Biologie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nahrung und Ernährung - Intermediärstoffwechsel - Hormone und vegetatives Nervensystem - Stress - Sinneswahrnehmungen - Glück, Schmerz und Sucht - Immunbiologie - Krankheiten (Krebs, AIDS u.a.) - Jugend und Alter - Naturheilkunde 	<p>Bausteine des Lehrplans</p> <p>LT 1 »Prinzipien des Lebens« LT 2 »Grund- und Leistungsumsatz« LT 2 »Ernährung«, »Sportphysiologie« LT 2 »Exkretion«, »Homöostase« LT 2 »Gesundheit und Krankheit« LT 3 »Umweltschutz vor Ort« LT 3 »Urbane Ökosysteme« LT 3 »Atmosphäre als Umweltfaktor« LT 4 »Informationsverarbeitung« LT 4 »Glück, Schmerz und Sucht« LT 4 »Stress« LT 4 »Biologische Rhythmen« LT 4 »Verhaltensentwicklung« LT 5 »Immunbiologie«, »Allergien« LT 5 »Gene und Umwelt« LT 5 »Alterungsprozesse« LT 5 »Krebs - Gene außer Kontrolle« LT 5 »Erbkrankheiten des Menschen« LT 6 »Gehirn und Geist«</p>
<p>Chemie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Arzneimittel und Wirkstoffe - Arzneimittelkunde aus historischer Sicht - Farbstoffe - Lebensmittel - Radioaktivität - Gefahrstoffe <p>Physik</p> <ul style="list-style-type: none"> - Physik und Sport - Physik und Medizin - Radioaktivität <p>Sport</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sportliches Training - Sport und Gesundheit <p>Französisch</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le SIDA <p>Religion</p> <ul style="list-style-type: none"> - Das Leid und die Frage nach Gott - Ethische Fragen angesichts von Grenzsituationen 	<p>Zuordnung zu den Lehrplänen</p> <p>(Genauere Hinweise zu den Lehrplänen können hier eingetragen werden)</p>

Kommunikation	
Beiträge des Faches	Hinweise
<p>Biologie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zellkommunikation - Kommunikationsorgan Ohr - Sozialverhalten - Verhaltensentwicklung (Autismus - die Unfähigkeit zu kommunizieren) - Die Sprache des Menschen 	<p>Bausteine des Lehrplans</p> <p>LT 1 »Cytologische Grundlagen«</p> <p>LT 4 »Reizaufnahme und -verarbeitung«</p> <p>LT 4 »Informationsverarbeitung«</p> <p>LT 4 »Lernen und Gedächtnis«</p> <p>LT 4 »Sozialverhalten des Menschen«</p> <p>LT 4 »Sozialverhalten bei Tieren«</p> <p>LT 4 »Verhaltensentwicklung«</p> <p>LT 5 »Schlüsselprozesse der Entwicklung«</p> <p>LT 6 »Gehirn und Geist«</p> <p>LT 6 »Die Sprache des Menschen«</p>
<p>Sport</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kommunikation und Interaktion im Sport - Erscheinungsformen aggressiven Verhaltens im Sport - Wechselwirkung von Aggression und Fairness - Rolle und Gruppe im Sport <p>Deutsch</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verfremdung / Spiel mit Sprache, z.B. Dadaismus; Kommunikationstheorie (WATZLAWIK) - Sprache und Herrschaft / Rollen / Ökonomie <p>Physik</p> <ul style="list-style-type: none"> - technische Grundlagen der Informationsweitergabe <p>Musik</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tonarten - Tanz und Gesang <p>Informatik</p> <ul style="list-style-type: none"> - Spracherkennung - Computernetze <p>Sozialkunde</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Rolle von Medien in der Kommunikationsgesellschaft <p>Ethik / Religion</p> <ul style="list-style-type: none"> - Der gläserne Mensch - Datenschutz - Kommunikative Ethik 	<p>Zuordnung zu den Lehrplänen</p> <p>(Genauere Hinweise zu den Lehrplänen können hier eingetragen werden)</p>

Populationsdynamik	
Beiträge des Faches	Hinweise
<p>Biologie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wachstum - Regulation - Genverteilung in idealen (ungestörten) Populationen - MENDEL-Regeln, HARDY-WEINBERG-Gesetz - Auswirkung von Einflüssen wie Mutation, Selektion, Ein- und Auswanderung usw. auf die Genverteilung 	<p>Bausteine des Lehrplans</p> <p>LT 1 »Wachstum«</p> <p>LT 1 »Modellbildung«</p> <p>LT 1 »Dynamische Systeme«</p> <p>LT 1 »Modellbildung«</p> <p>LT 2 »Ernährung«</p> <p>LT 3 »Mensch und Biosphäre«</p> <p>LT 3 »Populationsökologie«</p> <p>LT 5 »Erbkrankheiten des Menschen«</p> <p>LT 6 »Evolution des Menschen«</p> <p>LT 6 »Entstehung der Artenvielfalt«</p> <p>LT 6 »Abstammung und Verwandtschaft«</p>
<p>Mathematik</p> <ul style="list-style-type: none"> - relative Häufigkeit und Wahrscheinlichkeit - geometrische Darstellung von Häufigkeiten - Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung - Rekursionsformeln - Erstellen von Statistiken - graphische Darstellungen <p>Informatik</p> <ul style="list-style-type: none"> - Computersimulationen - Programme zu MENDEL, HARDY-WEINBERG, Selektion <p>Sozialkunde / Erdkunde</p> <ul style="list-style-type: none"> - Demographische Verfahrensweisen - Bevölkerungsentwicklung und ihre Auswirkungen - Simulation des globalen Bevölkerungswachstums 	<p>Zuordnung zu den Lehrplänen</p> <p>(Genauere Hinweise zu den Lehrplänen können hier eingetragen werden)</p>

8. Anhang

Hinweis

Der Lehrplan basiert durchgehend auf einer *systemtheoretischen* Beschreibung und Analyse, die zunehmend wichtigere Bindeklammern zwischen den Wissenschaften darstellen. Die Systemtheorie wird seit den 70er Jahren zu einer fächerverbindenden Theorie dynamischer und komplexer Systeme erweitert, deren Begriffe (Prinzipien und Gesetze) Lehrerinnen und Lehrern der Biologie in unterschiedlichem Maße vertraut sind. Zentrale Begriffe werden daher in den folgenden Anmerkungen (8.1) kurz erläutert, auf entsprechende Literatur (8.2) wird hingewiesen. Weitere Hinweise beziehen sich auf Fortentwicklungen der Fachdidaktik und Lern- und Erkenntnistheorie.

Über aktuelle Entwicklungen in der Fachdidaktik wird im WorldWideWeb informiert¹⁰⁾.

8.1 Anmerkungen

1) **System**= *geordnetes Ganzes*. Ein System besteht aus einer abgegrenzten oder abgrenzbaren Menge von Elementen, die miteinander in Relationen stehen. Die Struktur des Systems ergibt sich aus der Gesamtheit aller lokalen Relationen der Elemente, aus denen globale Systemeigenschaften entstehen.

Die **Allgemeine Systemtheorie** wurde in den 30er Jahren von dem österreichischen Biologen L. v. BERTALANFFY (1951, 1953, 1990) begründet als Versuch eines formalisierten wissenschaftlichen Ganzheitsdenkens, das gemeinsame Gesetzmäßigkeiten in physikalischen, biologischen, aber auch sozialen Systemen u.a. findet. Dabei wird angenommen, dass sich Prinzipien, die sich in einer Klasse von Systemen finden, auch auf andere Systeme anwenden lassen, z.B. Selbstorganisation, Rückkopplung, Homöostase, Fließgleichgewicht u.a.

2) **Transdisziplinarität** (*jenseits der Disziplinen liegend*). Bei Transdisziplinarität findet Interaktion und Kooperation zwischen den Disziplinen im Rahmen einer einheitsstiftenden, alle *Disziplinen transzendierenden Konzeption* statt. Durch übergreifende Konzepte und Begriffe wird eine Integration der Wissenschaften als wissenschaftliche Einheit gerechtfertigt. Transdisziplinäre Konzepte finden sich z.B. in der Philosophie, der Mathematik, der Systemtheorie und Kybernetik, Informationstheorie und Informatik. C. F. v. WEIZSÄCKER bezeichnet Wissenschaften mit transdisziplinärem Charakter als *Strukturwissenschaften*, die »Strukturen in abstractio«

studieren, unabhängig davon, welche konkreten Inhalte diese Strukturen haben. Der Ausdruck »fächerverbindend« kann hier angesiedelt werden. Fächerübergreifende Zusammenarbeit zwischen Disziplinen bzw. Schulfächern wird hier als *Interdisziplinarität* bezeichnet.

3) **Viabilität** (= *Lebens- oder Überlebensfähigkeit*). Der Begriff wurde von v. GLASERSFELD in die konstruktivistische Erkenntnistheorie in Anlehnung an den englischen Ausdruck *viability* eingeführt. *Viability* bezeichnete ursprünglich die »Gangbarkeit« eines Weges und wird in der Evolutionslehre für die Überlebensfähigkeit von Arten, Individuen und Mutationen verwendet. Organismen sind »viabel«, wenn es ihnen gelingt, in ihrer Umwelt zu überleben und sich fortzupflanzen. Auf das menschliche Erkennen übertragen bedeutet das, dass es bei Erkenntnisprozessen (Modellbildung) nicht auf die absolute Übereinstimmung zwischen Erkenntnis und einer wie auch immer zu verstehenden Realität ankommt, was das oberste Ziel des Objektivismus und Repräsentationismus ist, sondern auf »viable Passung« (vgl. GLASERSFELD v. in GUMIN und MEIER 1992, S. 9 ff; vgl. auch ROTH 1995).

4) **Dynamische Systeme** = *Systeme*, deren Elemente durch Zustands- oder Prozessgrößen (Systemvariablen) charakterisiert werden können und deren Werte sich im Laufe der Zeit ändern.

Als Grundprinzipien der *Selbstordnung* (Selbststrukturierung) dynamischer Systeme der unbelebten und belebten Natur gelten *Offenheit* (vs. Geschlossenheit), *Ungleichgewicht* (vs. Gleichgewicht), *Energiedissipation* (vs. Energieerhaltung), *Irreversibilität* (vs. Reversibilität), *Nichtlinearität* (vs. Linearität), *Rückkopplung* (vs. Kausalketten), *Indeterminiertheit* (vs. Determiniertheit) und *Evolutionsfähigkeit* (vs. Konstanz).

Der in der gegenwärtigen Diskussion oft benutzte Begriff der *Selbstorganisation* sollte nur im Zusammenhang mit lebenden Systemen verwendet werden, um einer reduktionistischen Interpretation des Lebendigen vorzubeugen. Zu den Prinzipien der Selbstordnung treten Prinzipien des Lebens⁵⁾.

5) **Prinzipien des Lebens**: Im Unterschied zu den *exklusiv* (ausschließend) verwendeten physischen Merkmalen berücksichtigen die Prinzipien des Lebens (Verwandlungs-, Ordnungs-, Autonomie-, Komplexitäts-, Variations-, Adaptations-, Bewertungs-, Bewegungs-, Begrenzungs-, Deutungs- und Reproduktions-Prinzip) die Mehrdimensionalität und *Polarität* lebender Systeme. Zu jedem Grundphänomen des Lebens gibt es ein komplementäres Phänomen, z.B. Ruhe-Bewegung, Selbstständigkeit-Abhängigkeit, Variabilität-Uniformität, Anpassung-Beharrung usw. Jedes Lebewesen lebt in einem ständigen dynamischen Kompromiss zwischen den beiden

Polen (»Polaritätsprinzip«). Dies entspricht lernpsychologisch dem Ansatz eines *inklusive* (einschließenden) Denkens (SCHAEFER 1990).

6) **Komplexe Systeme** = *Systeme*, deren Verhalten sowohl vom zufällig ungeordneten Nichtvoraussagbaren, als auch vom völlig geordneten Vorhersagbaren weit entfernt ist. Es handelt sich um ein *inter-* bzw. *transdisziplinäres* Forschungsfeld, in dem Forschungsansätze aus der Physik (Chaosforschung, nichtlineare Dynamik, Synergetik), Biologie, Computerwissenschaften, Fraktale Geometrie, Kognitionswissenschaften u.a. zusammenwirken. Zur *Theorie komplexer Systeme* vgl. Glossar der Begriffe über die neuen Fachgebiete bei RAVN 1995 und HUBER 1996; s. auch HAKEN und HAKEN-KRELL 1989, MANDELBROT 1987, MATURANA und VARELA 1987, NICOLIS und PRIGOGINE 1987. Eine kurz gefasste Einführung gibt HUBER 1996.

7) **Kompetenzen der Allgemeinbildung:** In Erweiterung der von der Kultusministerkonferenz 1995 und 1997 vorgeschlagenen *sprachlichen* und *mathematischen* Kompetenzen für die Allgemeinbildung hat der Verband Deutscher Biologen e.V. (unter Mitarbeit eines Mitglieds der FDK) 1996 den folgenden Katalog von Kompetenzen für die Lehrplanentwicklung vorgestellt, der dem Anliegen des Biologieunterrichts Rechnung trägt:

(1) Sachkompetenz

(z.B. Besitz ausreichenden Wissens aus verschiedenen Sachbereichen zur Lösung konkreter individueller und gesellschaftlicher Probleme; sachorientierte Handlungsfähigkeit; Bereitschaft zur Sachlichkeit).

(2) Lernkompetenz

(z.B. Überblick über verschiedene Lernformen, insbesondere Verknüpfung von assoziativem und systematischem Lernen; Bereitschaft und Fähigkeit zum Lernen an Problemen und Konflikten; Freude am Lernen, Wissbegierde).

(3) Denkkompetenz

(z.B. Abstraktions- und Generalisierungsfähigkeit, schöpferische Phantasie; Fähigkeit zu logischem Schließen; Sicherheit im Umgang mit Gedankenmodellen; Beherrschung von Symbolsprachen und Formeln; Einsicht in die Notwendigkeit gegensätzlicher Denkweisen wie linear/vernetzt, exklusiv/inklusive; Freude am Erkennen von Zusammenhängen).

(4) Wissenschaftstheoretische Kompetenz

(z.B. Einblick in Wissenschaftssystematik wie Geisteswissenschaften/Naturwissenschaften, Abgrenzung zu Parawissenschaften, Pseudowissenschaften, Ideologien; Bereitschaft zum und Sicherheit im Umgang mit Wissenschaft, Technik, Kunst, Religion; Kompetenz in Strukturwissenschaften wie Mathematik, Systemtheorie, Synergetik; Freude am Philosophieren).

(5) Sprachkompetenz

(z.B. Sicherheit im sprachlichen Ausdruck und sprachlichen Verstehen: Muttersprache und Fremdsprachen als Umgangssprachen, Wissenschaftssprachen, alte Sprachen, Formalsprachen; Freude am sprachlichen Ausdruck und an zwischenmenschlicher Verständigung über Sprache).

(6) Gesundheitskompetenz

(z.B. Lebenspolaritäten und Gesundheit, positives Gesundheitskonzept statt "Fehlen von Krankheit"; dynamischer Gesundheitsbegriff: Gesundheit nicht als Zustand, sondern als Prozess; Zusammenschau von körperlichen, seelischen, geistigen, religiösen und Umweltkomponenten; Freude an Gesunderhaltung; Beherrschung praktischer Gesundheitstechniken wie Sport, Gymnastik, Ernährung).

(7) Umweltkompetenz

(z.B. Bereitschaft und Fähigkeit zur ganzheitlichen Betrachtung der Biosphäre; Wahrnehmung und Bewertung von Zuständen und Veränderungen der Umwelt; dynamischer Naturbegriff, allgemeine Pflege und Schutzhaltung gegenüber der natürlichen Umwelt; Freude an der Natur; umweltgerechtes Verhalten in Beruf, Haushalt, Verkehr und Freizeit).

(8) Sozialkompetenz

(z.B. Fähigkeit zum Leben in einer Gemeinschaft, Rollenübernahme und Fähigkeit zur Lösung von Rollenkonflikten; Teamfähigkeit in Arbeitsprozessen; Freude am Gemeinschaftsleben; Beherrschung praktischer Regeln des Umgangs miteinander).

(9) Ethische Kompetenz

(z.B. Normenkenntnis; Vergleich von Normensystemen; Fähigkeit zur Normenreflexion und zur Aufstellung von Wertehierarchien; Entscheidungsfähigkeit; Verantwortungsbereitschaft).

(10) Instrumentelle Kompetenz

(z.B. Methodenlernen: Beobachtungs-, Experimentier-, Auswertetechniken; Fähigkeit zu graphischer Gestaltung; statistische und andere mathematische Fertigkeiten; Computer-Techniken; Bibliothekstechniken; Körperbeherrschung; künstlerische und handwerkliche Fertigkeiten; Freude an der Beherrschung der genannten Fertigkeiten und ihrer Ausübung).

An der Schwelle zu einem »Zeitalter der Information« soll eine weitere Kompetenz hervorgehoben werden:

(11) Medienkompetenz

(z.B. Medien als Instrumente, Speicher und Vermittler von Informationen in der Lernumwelt anwenden; Datenbeschaffung über Informationsnetze (DFÜ, Telekommunikation); über die rezeptive Konsumation von Information zur aktiven Produktion von Information gelangen; Urteilsfähigkeit gegenüber medialen Botschaften: selbstgesteuerte Kontrolle gegenüber

fremdgesteuerten Bedürfnissen).

Die einzeln aufgeführten Kompetenzen sind im Biologieunterricht untereinander stark vernetzt und bilden einen intentionalen Rahmen jeder Unterrichtsplanung.

8) Das **Prinzip der Selbstähnlichkeit** erlaubt eine hohe **Denk- und Lernökonomie** im Verstehen biologischer Gesetzmäßigkeiten durch vergleichende Betrachtung lebender Systeme auf unterschiedlichen Komplexitätstufen. *Komplexität* der Strukturen und Funktionen bedeutet aber nicht, dass auch die zugrunde liegenden Prinzipien komplex sind. Erkannte Prinzipien, z.B. auf der Ebene der Zelle (Regulation, Energieversorgung, Wechselwirkung mit der Umgebung, Informationsflüsse u.Ä.), können auf andere Systemebenen, z.B. des Organismus oder der Ökosysteme, übertragen werden.

9) Unter **Strukturierung** wird das pädagogisch begründete Gefüge zwischen den Bausteinen des Lehrplans in einer Lernumgebung verstanden. Randbedingungen des didaktischen Prozesses sind situative Voraussetzungen der Lerngruppe und räumlich-zeitliche Möglichkeiten der Schule. Der *systemtheoretische Leitgedanke* des modularen Lehrplans ermöglicht ein hohes Maß an Flexibilität in Art und Abfolge der ausgewählten Themen (vgl. Kap. 1.4 - 1.5).

Vorschläge zur Strukturierung liegen bereits in einer ausführlichen Handreichung zum bisherigen Lehrplan vor (KULTUSMINISTERIUM 1985). Für alle Jahrgangsstufen haben sich *humanbiologische, evolutionsbiologische, ökologische*, aber auch *prozess- bzw. projektorientierte* und *handlungsorientierte* Strukturierungen sowie die Strukturierung nach *Lebensprinzipien* bewährt (vgl. KATTMANN-ISENSEE 1975, ESCHENHAGEN-KATTMANN-RODI 1985, SCHAEFER 1990).

Die öffentlichen Auseinandersetzungen mit bio- und gentechnologischen, medizinischen (AIDS, Fortpflanzungsbiologie) und ökologischen Problemen (Umwelt- und Naturschutz) zeigen, dass auch bioethische, sozialpsychologische, anthropologische, gesellschaftspolitische und wissenschaftstheoretische Fragestellungen Leitlinien zur Strukturierung von Biologieunterricht darstellen können. Das gilt in besonderem Maß für fachübergreifendes und fächerverbindendes Lernen in Projekten (vgl. Kap. 1.3 und 7).

Es bietet sich weiter an, verschiedene Strukturansätze für die Behandlung von Jahrgangs- oder Einzelthemen zu kombinieren, z.B. Projektunterricht mit ökologischer oder biotechnologischer Ausrichtung. Pädagogisch sinnvoll sind Strukturierungen des Biologieunterrichtes besonders dann, wenn sie der Lerngruppe ein hohes Maß an lebensweltlicher Identifikation, Handlungsorientierung und eigenständiger Arbeit zur Selbstqualifikation ermöglichen.

Für eine *experimentelle Strukturierung* der Fachthemen eignen sich *Langzeitversuche* in den Fachräumen der Schule, im Freiland oder zu Hause, z.B. Wachstumsversuche, Sukzessionsuntersuchungen. Experimentell ausgerichtete Ansätze fördern gleichzeitig Interesse an wissenschaftsorientiertem Arbeiten, vermitteln Anregungen für Fach- und Jahresarbeiten oder unterstützen Wettbewerbe, wie »Jugend forscht«, und erlauben Teamarbeit in kleinen Gruppen.

Auch lokale, regionale oder globale *Ereignisse* sowie aktuelle, situative Möglichkeiten der Schule, z.B. Projektstage, Tage der offenen Tür u.Ä., liefern Anlässe zur Planung einer strukturierten Themen- und/oder Handlungs- bzw. Projektsequenz.

In vermehrtem Maße sollen Möglichkeiten *außerschulischer Lernorte* (Freilandarbeit, Exkursionen, Museen, Besuch von Natur- und Umweltzentren, Betriebsbesichtigungen u.Ä.) einbezogen werden.

Die Zusammenarbeit mit *außerschulischen Institutionen* (öffentliche Ämter, Handel und Industrie, Natur- und Umweltverbände u.Ä.) steigert zusätzlich den Realitätsbezug des Biologieunterrichts.

Dazu gehört auch die *Medienerziehung*. Es ist davon auszugehen, dass zunehmend *Telekommunikation* und *Datenrecherchen* über Netzdienste die traditionelle Informationsbeschaffung über Printmedien ergänzen und z.T. ersetzen. Da immer mehr Schulen an globale Kommunikationsnetze angeschlossen werden, ist auch die elektronische Darstellung von Unterrichtsergebnissen und Projekten anzustreben, z.B. auf den Homepages der Schulen im Internet.

Der angemessene methodische Einsatz des Computers zur Datenerfassung, Modellbildung und Simulation schließt an den Lehrplan ITG in der Sekundarstufe I an und führt die Anwendung Daten verarbeitender Systeme oberstufengerecht weiter.

10) Die jeweils aktuelle Adresse zu Lehrplaninformationen ist über den Bildungsserver des Landes Rheinland-Pfalz zu erfahren. Die Internet-Adresse des Bildungsservers 1998: <http://bildung.rp.schule.de>.

Interessierte Lehrerinnen und Lehrer sind aufgerufen, mit ihren Kursen Unterrichtsbeispiele zu entwickeln, zu erproben und anderen Schulen zur Verfügung zu stellen.

8.2 Literaturhinweise

Zu den Kapiteln 1-3 und Kapitel 8.1

- BERTALANFFY, L. v.: "Das biologische Weltbild. Die Stellung des Lebens in Natur und Wissenschaft". Bern 1949: Franke AG. Nachdruck der ersten Auflage: Wien u.a. 1990: Böhlau.
- BERTALANFFY, L. v.: "Theoretische Biologie Band I". Bern 1951: Franke AG.
- BERTALANFFY, L. v.: "Biophysik des Fließgleichgewichts". Braunschweig 1953: Vieweg.
- DEUTSCH, A. (Hrsg.): "Muster des Lebendigen - Faszination ihrer Entstehung und Simulation". Braunschweig-Wiesbaden 1994: Vieweg.
- DEUTSCHER VEREIN ZUR FÖRDERUNG DES MATHEMATISCHEN UND NATURWISSENSCHAFTLICHEN UNTERRICHTS E.V.: "Empfehlungen zur Gestaltung von Biologielehrplänen". In: MNU 44 Jg., 1991, H. 6, S. I - IV.
- EBELING, W. und R. FEISTEL: "Chaos und Kosmos - Prinzipien der Evolution". Heidelberg-Berlin-Oxford 1994: Spektrum.
- ESCHENHAGEN, D., U. KATTMANN und D. RODI: "Fachdidaktik Biologie". Köln 1985: Aulis.
- GUMIN, H. und H. MEIER (Hrsg.): "Einführung in den Konstruktivismus". München-Zürich 1992: Piper.
- GUTMANM, W. F.: "Hydraulik, Konstruktion, Evolution". In: Praxis der Naturwissenschaften, Biologie, 42. Jahrgang, Dezember 1993
- HAKEN, H. und M. HAKEN-KRELL: "Entstehung von biologischer Information und Ordnung". Darmstadt 1989: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- HASS, H.: "Phyllotaxis - Phänomen und Modellierung biologischer Ordnung". In: Computer und Unterricht, 2. Jg., 1992, H. 8, S. 30-42.
- HUBER, A.: "Stichwort Chaosforschung". München 1996: Hene Sachbuch.
- KATTMANN, U. und W. ISENSEE: "Strukturen des Biologieunterrichtes". Köln 1975: Aulis .
- KATTMANN, U.: "Bezugspunkt Mensch". Köln 1980: Aulis.
- KULTUSMINISTERIUM RHEINLAND-PFALZ (Hrsg.): "Lehrplan Biologie. Grund- und Leistungsfach in der Oberstufe des Gymnasiums (Mainzer Studienstufe)". Worms 1983: Informationsdienst Vertriebsgesellschaft.
- KULTUSMINISTERIUM RHEINLAND-PFALZ (Hrsg.): "Handreichung zum Lehrplan Biologie. Grund- und Leistungsfach in der Oberstufe des Gymnasiums (Mainzer Studienstufe)". Worms 1985: Informationsdienst-Vertriebsgesellschaft.
- KULTUSMINISTERKONFERENZ: "Richtungsentscheidungen der KMK zur Weiterentwicklung der Prinzipien der gymnasialen Oberstufe und des Abiturs". Mainz 1995.
- KULTUSMINISTERKONFERENZ: "Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II". Bonn 1997.
- MANDELBROT, B. "Die fraktale Geometrie der Natur". Basel-Boston 1987: Birkhäuser.
- MEADOWS, D., D. MEADOWS, E. ZAHN und P. MILLING: "Grenzen des Wachstums". Stuttgart 1972: DVA.
- MEADOWS, D., D. MEADOWS und J. RANDERS: "Die neuen Grenzen des Wachstums". Stuttgart 1992: DVA.
- PEITGEN, H.-O., H. JÜRGENS und D. SAUPE: "Bausteine des Chaos: Fraktale". BERLIN-Heidelberg-Stuttgart 1992: Springer und Klett-Cotta.
- PEITGEN, H.-O., H. JÜRGENS und D. SAUPE: "Chaos - Bausteine der Ordnung". BERLIN-Heidelberg-Stuttgart 1994: Springer und Klett-Cotta.
- PRÄVE, P. (Hrsg.): "Jahrhundertwissenschaft Biologie?!". Weinheim 1992: VCH Verlagsgesellschaft.
- PRIGOGINE, I. und I. STENGERS: "Dialog mit der Natur". München 1981, 2. Auflage: Piper.
- RAVN, Ib (Hrsg.): "Chaos, Quarks und schwarze Löcher. Das ABC der neuen Wissenschaften". München 1995: Antje Kunstmann.
- ROTH, G.: "Das Gehirn und seine Wirklichkeit". Frankfurt am Main 1995: Suhrkamp.
- SCHAEFER, G.: "Die Entwicklung von Lehrplänen für den Biologieunterricht auf der Grundlage universeller Lebensprinzipien". In: MNU 43, 1990, H. 8, S. 471-480.
- SCHAEFER, G.: "Der Lebensbegriff als zentraler Begriff des Biologieunterrichts". In: Biologie - Unterrichtsmaterialien für Lehrkräfte Sek II, Freising 1997: STARK.
- UEXKÜLL, J. von und G. KRISZAT: "Streifzüge durch die Umwelten von Tieren und Menschen". Frankfurt/M. 1983: S. Fischer.
- VERBAND DEUTSCHER BIOLOGEN E.V.: "Rahmenplan des Verbandes Deutscher Biologen für das Schulfach Biologie - 1987". In: Mitteilungen des Verbandes Deutscher Biologen e.V. Nr. 346 (September 1973), S. 1571-1574, Beilage zu: Naturwissenschaftliche Rundschau 40, 1987, H. 9.
- VERBAND DEUTSCHER BIOLOGEN E.V.: "Konzept für eine fächerübergreifende Allgemeinbildung um die Jahrtausendwende". In: Biologen in unserer Zeit -Informationen des Verbandes Deutscher Biologen e.V. Nr. 427 (1996), S. 92-93.

Literaturhinweise zu den Leitthemen 1 und 2

- ATKINS, P.W.: "Kurzlehrbuch Physikalische Chemie". Heidelberg-Berlin-Oxford 1992: Spektrum.
- BERTALANFFY, L. v.: "Das biologische Weltbild. Die Stellung des Lebens in Natur und Wissenschaft". Bern 1949: Franke AG. Nachdruck der ersten Auflage: Wien u.a. 1990: Böhlau.
- BERTALANFFY, L. v.: "Theoretische Biologie Band I". Bern 1951: Franke AG.
- BERTALANFFY, L. v.: "Biophysik des Fließgleichgewichts". Braunschweig 1953: Vieweg.
- DEUTSCH, A. (Hrsg): "Muster des Lebendigen - Faszination ihrer Entstehung und Simulation". Braunschweig-Wiesbaden 1994: Vieweg.
- DITFURTH, H. v.: "Am Anfang war der Wasserstoff". München 1972: DTV.
- EBELING, W. und R. FEISTEL: "Chaos und Kosmos - Prinzipien der Evolution". Heidelberg-Berlin-Oxford 1994: Spektrum.
- ENGELMANN, W. und W. KLEMKE: "Biorhythmen". Heidelberg 1983: Quelle und Meyer.
- GUTMANN, W.F.: "Hydraulik, Konstruktion, Evolution". In: Praxis der Naturwissenschaften, Biologie, 42. Jahrgang, Dezember 1993
- HASS, H.: "Phyllotaxis - Phänomen und Modellierung biologischer Ordnung". In: Computer und Unterricht, 2. Jg., 1992, H. 8, S. 30-42.
- HUBER, A.: "Stichwort Chaosforschung". München 1996: Hene Sachbuch.
- LOVELOCK, J.: "Gaia - Die Erde ist ein Lebewesen". Bern-München-Wien 1992: Scherz.
- MANDELBROT, B. "Die fraktale Geometrie der Natur". Basel-Boston 1987: Birkhäuser.
- MEADOWS, D., D. MEADOWS, E. ZAHN und P. MILLING: "Grenzen des Wachstums". Stuttgart 1972: DVA.
- MEADOWS, D., D. MEADOWS und J. RANDERS: "Die neuen Grenzen des Wachstums". Stuttgart 1992: DVA.
- NICOLIS, G. und I. PRIGOGINE: "Die Erforschung des Komplexen. Auf dem Weg zu einem neuen Verständnis der Naturwissenschaften". München-Zürich 1987: Piper.
- PEITGEN, H.-O., H. JÜRGENS und D. SAUPE: "Bausteine des Chaos: Fraktale". BERLIN-Heidelberg-Stuttgart 1992: Springer und Klett-Cotta.
- PEITGEN, H.-O., H. JÜRGENS und D. SAUPE: "Chaos - Bausteine der Ordnung". BERLIN-Heidelberg-Stuttgart 1994: Springer und Klett-Cotta.
- PRIGOGINE, I. und I. STENGERS: "Dialog mit der Natur". München 1981, 2. Auflage: Piper.
- RAVN, Ib (Hrsg.): "Chaos, Quarks und schwarze Löcher. Das ABC der neuen

- Wissenschaften". München 1995: Antje Kunstmann.
- STRYER, L.: "Biochemie". Heidelberg 1990: Spektrum.
- STUDIENBRIEFE: "Molekularbiologie". Tübingen 1991: Deutsches Institut für Fernstudien.
- WIESER, W.: "Bioenergetik. Energietransformationen bei Organismen". Stuttgart-New York 1986: Thieme.
- WINFREE, A.T.: "Biologische Uhren". Heidelberg 1988: Spektrum.

Literaturhinweise zum Leitthema 3

- BERTALANFFY, L. v.: "Biophysik des Fließgleichgewichts". Braunschweig 1953: Vieweg
- EBELING, W. und R. FEISTEL: "Chaos und Kosmos - Prinzipien der Evolution". Heidelberg-Berlin-Oxford 1994: Spektrum.
- LOVELOCK, J.: "Gaia - Die Erde ist ein Lebewesen". Bern-München-Wien 1992: Scherz.
- MEADOWS, D., D. MEADOWS, E. ZAHN und P. MILLING: "Grenzen des Wachstums". Stuttgart 1972: DVA.
- MEADOWS, D., D. MEADOWS und J. RANDERS: "Die neuen Grenzen des Wachstums". Stuttgart 1992: DVA.
- ODUM, E. P.: "Prinzipien der Ökologie: Lebensräume, Stoffkreisläufe, Wachstumsgrenzen". Heidelberg 1991: Spektrum.
- PRIGOGINE, I. und I. STENGERS: "Dialog mit der Natur". München 1981, 2. Auflage: Piper.
- UEXKÜLL, J. von und G. KRISZAT: "Streifzüge durch die Umwelten von Tieren und Menschen". Frankfurt/M. 1983: S. Fischer.
- WIESER, W.: "Bioenergetik. Energietransformationen bei Organismen". Stuttgart-New York 1986: Thieme.
- WISSEL, C.: "Theoretische Ökologie". Berlin 1989: Springer.

Literaturhinweise zum Leitthema 4

- COCKBURN, A.: "Evolutionsökologie". Stuttgart-Jena 1995: Gustav Fischer.
- CRAPO, L.: "Hormone - Die chemischen Boten des Körpers". Heidelberg 1988, Spektrum.
- ENGELMANN, W. und W. KLEMKE: "Biorhythmen". Heidelberg 1983: Quelle und Meyer.
- FUNKKOLLEG: "Der Mensch - Anthropologie heute". Deutsches Institut für Fernstudien 1992-1993: Universität Tübingen.

FUNKKOLLEG: "Psychobiologie". Deutsches Institut für Fernstudien 1986: Universität Tübingen

HAKEN, H. und M. HAKEN-KRELL: "Entstehung von biologischer Information und Ordnung". Darmstadt 1989: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.

HARRIS, M.: "Menschen - Wie wir wurden, was wir sind". Stuttgart 1991: Klett-Cotta.

KANDEL, E. R.; J. H. SCHWARTZ und T. M. Jessell (Hrsg.): "Neurowissenschaften". Heidelberg 1996: Spektrum.

KATTMANN, U.: "Bezugspunkt Mensch". Köln 1980: Aulis.

KATTMANN, U. (Hrsg): "Soziobiologie". In: Unterricht Biologie, 17. Jahrgang, Juni 1993 (Themenheft)

MATURANA, H.R. und F.J. VARELA: "Der Baum der Erkenntnis. Die biologischen Wurzeln des menschlichen Erkennens". Bern 1987, Scherz.

NEUMANN, G.H. und K.H. SCHARF (Hrsg.): "Verhaltensbiologie in Forschung und Unterricht". Köln 1994: Aulis.

NICHOLLS, J., A. MARTIN und B. WALLACE: "Vom Neuron zum Gehirn". Stuttgart 1995, Gustav Fischer.

ROTH, G.: "Das Gehirn und seine Wirklichkeit". Frankfurt am Main 1995: Suhrkamp.

SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT: VERSTÄNDLICHE FORSCHUNG: "Gehirn und Nervensystem". Heidelberg 1985: Spektrum.

UEXKÜLL, J. von und G. KRISZAT: "Streifzüge durch die Umwelten von Tieren und Menschen". Frankfurt/M. 1983: S. Fischer.

VOLAND, E.: "Grundriss der Soziobiologie". Stuttgart-Jena 1993: Gustav Fischer.

WINFREE, A.T.: "Biologische Uhren". Heidelberg 1988: Spektrum.

ZIPPELIUS, H.-M.: "Die vermessene Theorie". Braunschweig-Wiesbaden 1992: Vieweg.

Literaturhinweise zum Leitthema 5

BIRNBACHER, D. (Hrsg.): "Texte zur Ethik". München 1991: dtv.

CATENHUSEN, W.-M. und H. NEUMEISTER (Hrsg.): "Chancen und Risiken der Gentechnologie. Dokumentation des Berichts an den Deutschen Bundestag". München 1987: J. Schweitzer.

DAWKINS, R.: "Das egoistische Gen". Berlin, Heidelberg 1978: Springer.

GASSEN, H.G., A. MARTIN, G. SACHSE: "Der Stoff, aus dem die Gene sind". München 1986: J. Schweitzer.

PFLUGFELDER, O.: "Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte und Entwicklungsphysiologie der Tiere". Jena 1970: Gustav Fischer.

SINGER, M. und P. BERG: "Gene und Genome". Heidelberg 1992, Spektrum.

SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT: "Immunabwehr". Heidelberg 1995: Spektrum.

SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT: VERSTÄNDLICHE FORSCHUNG: "Krebs, Tumoren, Zellen, Gene". Heidelberg, 1990: Spektrum.

STRYER, L.: "Biochemie". Heidelberg 1990: Spektrum.

STUDIENBRIEFE: "Molekularbiologie". Tübingen 1991: Deutsches Institut für Fernstudien.

WESTHOFF, P.: "Molekulare Entwicklungsbiologie. Vom Gen zur Pflanze". Stuttgart-New York 1996: Georg Thieme

WIESER, W.: "Gentheorien und Systemtheorien" in: W.WIESER (Hrsg.): "Die Evolution der Evolutionstheorie". Heidelberg 1994: Spektrum.

Literaturhinweise zum Leitthema 6

FROMM, ERICH: "Die Kunst des Liebens". Frankfurt am Main 1971: Suhrkamp.

FUNKKOLLEG: "Der Mensch - Anthropologie heute". Deutsches Institut für Fernstudien 1992-1993: Universität Tübingen.

FUNKKOLLEG: "Psychobiologie". Deutsches Institut für Fernstudien 1986: Universität Tübingen.

GADAMER, H.-G. und P. VOGLER (Hrsg.): "Neue Anthropologie". 7 Bände, Stuttgart 1972-1974: Thieme.

GUMIN, H. und H. MEIER (Hrsg.): "Einführung in den Konstruktivismus". München-Zürich 1992: Piper.

HARRIS, M.: "Menschen - Wie wir wurden, was wir sind". Stuttgart 1991: Klett-Cotta.

KATTMANN, U. (Hrsg): "Soziobiologie". In: Unterricht Biologie, 17. Jahrgang, Juni 1993 (Themenheft)

LOVELOCK, J.: "Gaia - Die Erde ist ein Lebewesen". Bern-München-Wien 1992: Scherz.

MATURANA, H.R. und F.J. VARELA: "Der Baum der Erkenntnis. Die biologischen Wurzeln des menschlichen Erkennens". Bern 1987, Scherz.

NICOLIS, G. und I. PRIGOGINE: "Die Erforschung des Komplexen. Auf dem Weg zu einem neuen Verständnis der Naturwissenschaften". München-Zürich 1987: Piper.

PRIGOGINE, I. und I. STENGERS: "Dialog mit der Natur". München 1981, 2. Auflage: Piper.

WENDT, H. und N. LOACKER (Hg.): "Der Mensch". Kindlers Enzyklopädie; 10 Bände, Zürich 1982-1986: Kindler.