

# **Zusammenfassung Vordiplom Zoologie Universität Köln 2007**

**Autor: Denis Meuthen**

**Bei Verbesserungsvorschlägen, Fragen und  
sonstigem Kontaktinteresse wenden Sie sich über  
[denmeu@web.de](mailto:denmeu@web.de) an mich. Ich übernehme keine  
Garantie auf Vollständigkeit und Korrektheit.**

# Ökologie

-Es gibt das Konkurrenzausschlußprinzip, das besagt: Wenn zwei konkurrierende Arten in einer stabilen Umwelt koexistieren, geschieht das als Resultat einer Nischendifferenzierung. Falls eine solche Differenzierung nicht vorliegt oder nicht möglich ist, so wird eine der konkurrierenden Arten die andere eliminieren/ausschließen.

-Es gibt interspezifische Konkurrenz (Konkurrenz zwischen verschiedenen Arten, Evolution ist ausgerichtet, Konkurrenz zu vermeiden, indem Fähigkeiten erworben werden, die andere Nischen begünstigen) und intraspezifische Konkurrenz (Konkurrenz zwischen Individuen einer Art).

-Es gibt verschiedene Arten der Prädation:

\*Echte Prädatoren oder Räuber: töten ihre Beute auf jeden Fall, konsumieren in ihrem Leben mehrere Beutetiere.

\*Weidegänger: töten ihre Beute kurzfristig nicht, ernähren sich nur von Teilen dieser und greifen mehrere Beuteindividuen in ihrem Leben an. Rinder, Schafe, Heuschrecken, Raupen, Egel.

\*Parasiten: töten ihre Beute kurzfristig nicht, verbrauchen nur Teile ihres Beutetiers (Wirt) und greifen nur eines oder wenige Beuteindividuen an → gehen enge Verbindung ein. Bandwürmer, Tuberkulosebakterien, Blattläuse.

-Parasitische Protozoen (Einzeller) beim Menschen sind Trypanosoma (Flagellata, Schlafkrankheit), Plasmodium (Sporozoa, Malaria). Protozoeninfektionen sind beim Menschen meist problematischer als bakterielle Infektionen, da die Protozoen immer in körpereigene Zellen eindringen und sich dort aufhalten, während die Bakterien sich außerhalb der Zellen aufhalten.

-Unter unbegrenzten Ressourcen ist Populationswachstum exponentiell :  $N_t = N_0 * e^{rt}$

-In der Natur sind jedoch dichteabhängige (Ressourcenknappheit/Platzknappheit) und dichteunabhängige Faktoren (Wildfraß/Wetter) Kontrollmechanismen vorhanden.

-Darum gibt es einen Faktor K, der die Umweltkapazität beschreibt :  $r = r_{max} * [1 - (N/K)]$

bzw logistische Wachstumsgleichung:  $N_t = K / [1 + (K - N_0 / N_0) * e^{-r_{max} * t}]$ , N=Anzahl, t=Zeit, r=Wachstumsrate.

-Es gibt r-Strategen (Organismen mit hoher Reproduktionsrate, viele kleine Nachkommen, kurzer Lebensdauer, frühes Reproduktionsalter) und K-Strategen (Organismen, die Ressourcen zur Begünstigung des Konkurrenzkampfes nutzen, wenige große Nachkommen, Brutpflege, lange Lebensdauer, späte Reproduktion). Die Größe der Nachkommen ist nur in einer Konkurrenzsituation wichtig, also bei r-Strategen vernachlässigbar.

-Es gibt 3 Stufen der Sukzession:

\*Initialstadium/frühe Stadien: Bei der Besiedlung eines neuen Lebensraumes siedeln sich zuerst r-Strategen an, da sie das Habitat rasch durch hohe Reproduktionsrate besiedeln und die Ressourcen ausbeuten können.

\*Folgestadien: die K-Strategen setzen sich mehr und mehr durch. Diese vermehren sich quantitativ weniger stark, haben weniger Nachkommen. Diese besitzen aber ein höheres Durchsetzungsvermögen im Überlebenskampf.

\*Klimaxstadium: Es herrschen schließlich hauptsächlich K-Strategen vor. Damit nimmt auch das Verhältnis von Reproduktion (Anzahl der Nachkommen) zu Produktion (Biomasse) ab. Die Individuendichte der wenigen Arten, die sich durchgesetzt haben, ist hoch und entspricht ihrem Optimum. Klimaxstadien zeichnen sich durch eine sehr effiziente Nutzung der Ressourcen aus. Die Änderungsrate in der Artenzusammensetzung → gen Null

-Der Begriff „ökologische Nische“ bezeichnet die Rolle/Stellung, die eine Art in einem Ökosystem spielt

-Der Artbegriff besteht aus vielen biologischen Konzepten, keiner ist allgemein gültig:

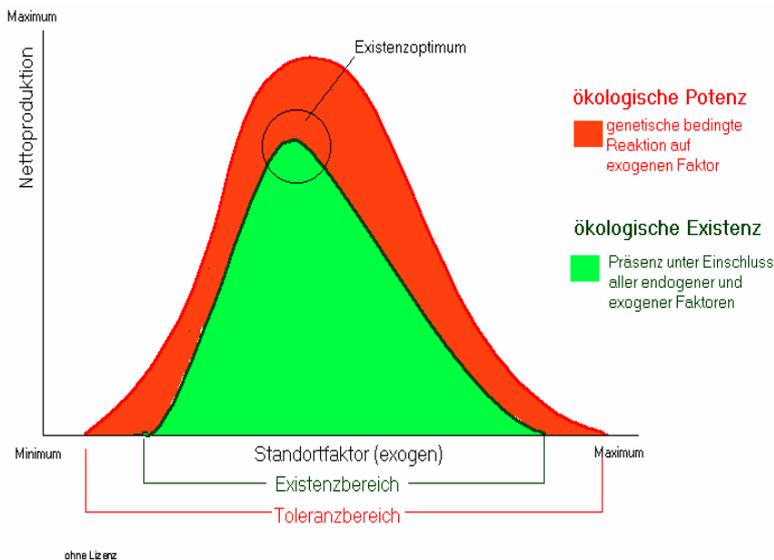
\*Morphologisch-ethologisch: Arten sind Gruppen von Organismen, die sich anhand von quantifizierbaren morphologischen Merkmalen oder anhand ihres Verhaltens voneinander unterscheiden lassen.

\*Chronologisch: Eine Art wird durch eine Sequenz zeitlich aufeinander folgender Populationen charakterisiert, deren Individuen innerhalb einer bestimmten morphologischen Variationsbreite liegen.

\*biologisch: Eine Art ist eine Gemeinschaft sich unter natürlichen Bedingungen miteinander fortpflanzender Lebewesen. Angehörige einer Art können unter natürlichen Bedingungen fruchtbare Nachkommen erzeugen.

\*populationsgenetisch: eine Art besteht aus mindestens einer Population, deren Genpool gegen Populationen anderer Arten generativ isoliert ist.

\*phylogenetisch (evolutionär): Eine Art ist eine Abstammungsgemeinschaft aus einer bis vielen Populationen in einer bestimmten Zeitspanne. Eine Art beginnt nach einer Artspaltung und endet, wenn alle Individuen dieser Art, ohne Nachkommen zu hinterlassen, aussterben oder wenn aus dieser Art durch Artspaltung zwei neue Arten entstehen. Eine Artspaltung ist gekennzeichnet durch die (natürliche) reproduktive Isolation von Teilpopulationen, die durch geografische, morphologische, genetische oder ökologische Barrieren bewirkt wird. Problem: isolierte Populationen sind nicht immer Arten.



Der optimale Bereich (Realnische) ist der grüne, der pessimale Bereich (Fundamentalnische) der rote.

- Eine weite ökologische Potenz besitzen euryöke Arten:
  - \*hinsichtlich der Bodenverhältnisse der Löwenzahn
  - \*hinsichtlich der Nahrung die Ratte oder das Schwein (Allesfresser)
- Eine enge ökologische Potenz besitzen stenöke Arten:
  - \*hinsichtlich der Temperatur die Forelle (nur bei einer bestimmten Wassertemperatur kann sie existieren)
  - \*hinsichtlich der Nahrung der Koala (er ernährt sich nur von Eukalyptus)

-Die Autökologie befasst sich mit den Umwelteinflüssen auf die Individuen einer Art, während die Synökologie sich mit Interaktionen verschiedener Organismenarten innerhalb einer Biozönose (Lebensgemeinschaft) befasst.

-Symbiose ist eine enge Beziehung zwischen Individuen verschiedener Arten, bei der eine in oder auf der anderen ist. Profitieren beide Partner davon, so handelt es sich um Mutualismus. Der Gegensatz davon ist Parasitismus, bei dem eine Art einen Vorteil erhält, während die andere geschädigt wird.

Eine andere Unterscheidung bietet die räumliche Beziehung:

\*Ektosymbiose: Partner einer Symbiose bleiben körperlich getrennt (z.B. Blüten und ihre Bestäuber; Clownfische und ihre Seeanemonen)

\*Endosymbiose: einer der Partner wird in den Körper des anderen aufgenommen (z.B. Steinkorallen und ihre einzelligen Algen; Bakterien im Darm aller warmblütigen Tiere). Auch beim Parasitismus sind Ektoparasiten (z.B. Kopfläuse und Stechmücken) von Endoparasiten (z.B. Bandwurm, Salmonellen) zu unterscheiden.

-Korallenriffe sind ein Ort außerordentlicher Symbiose: Die Koralle, welche aus einem winzigen Korallenpolypen besteht, geht eine lebensnotwendige Symbiose mit einzelligen, grünbraunen Algen, den Zooxanthellen ein. Von ihnen erhält der sonst farblose, gallertartige Polyp seine Färbung. Die Zooxanthellen wandeln mit Hilfe der Photosynthese Wasser und Kohlendioxid in Kohlenhydrate (Zucker) und Sauerstoff um. Die produzierten Kohlenhydrate decken die wesentliche Energieversorgung des Polypen ab.

-Organismen sind in einem Lebensraum meist heterogen verteilt

-Die Biomassepyramide vergleicht das Gesamtgewicht der Organismen aufeinanderfolgender trophischer Bereiche. Die Biomasse einer Population ist das Produkt der Individuenzahl und dem Durchschnittsgewicht der Einzeltiere.

Die Biomasse nimmt mit steigender Trophie-Ebene ab, die Körpergröße der Konsumenten nimmt zu. Der Energiefluss ist immer pyramidenförmig, da 90% der Energie von Stufe zu Stufe verloren gehen.



-aquatische Systeme und terrestrische Systeme können vertikal zoniert werden.

\*aquatisch :

Eulitoral (Gezeitenbereich)

Neritische Zone (flache Regionen über Kontinentalschelf)

Ozeanische Zone (Hochsee, sehr hohe Tiefen)

Unterteilung in pelagische Zone/Pelagial fürs Freiwasser und benthische Zone/Benthal für Meeresgrund

\*terrestrisch (Regenwald)  
die über das Kronendach herausragenden Bäume  
Das oberste Kronendach (oberste zusammenhängende Blattschicht)  
Niedrigbaumschicht  
Strauchschicht  
Bodenschicht (krautige Pflanzen und Farne)

-Organismen können regelmäßig, zufällig oder geklumpt auftreten. Abweichungen von zufälliger Verteilung deuten auf ökologische Interaktionen hin.

-Wichtige Komponenten in terrestrischen Systemen sind: Mykorrhiza, stickstofffixierende Bakterien,  
-Wichtige Komponenten in aquatischen Systemen sind: Filtrierer, nitrifizierende Bakterien

-Licht ist eine elektromagnetische Welle, je kürzer die Wellenlänge, desto größer die Energie. Der sichtbare Bereich des Lichtes bewegt sich in den Wellenlängen 380 nm (Violett) und 750 nm (Dunkelrot). Violett hat also die kleinste und Rot die größte Wellenlänge. UV-Licht hat eine etwas kürzere Wellenlänge als das Licht im sichtbaren Bereich.

-die globale Erderwärmung (Anstieg der Durchschnittstemperatur der erdnahen Atmosphäre)  
Ihre Ursachen liegen hauptsächlich im Verbrennen fossiler Brennstoffe und in den daraus resultierenden Emissionen von CO<sub>2</sub> sowie in der Freisetzung weiterer Treibhausgase.  
Der Treibhauseffekt lässt sich auf Treibhausgase wie H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, FCKW und FKW zurückführen. Diese lassen die von der Sonne kommende kurzwellige Strahlung weitgehend ungehindert auf die Erde durch, absorbieren aber die längerwellige Wärmeabstrahlung von der Erde in den Weltraum in bestimmten Wellenlängenbereichen. Die so aufgenommene Strahlungsenergie wird in der Folge wieder ungerichtet abgestrahlt. Der Teil hiervon, der wieder zurück zur Erdoberfläche geht wird, da er der Wärmeabstrahlung der Erde entgegengesetzt gerichtet ist, auch als atmosphärische Gegenstrahlung bezeichnet. Die atmosphärische Gegenstrahlung kompensiert somit einen Teil der terrestrischen Strahlungsverluste und erwärmt auf diese Weise die Erde zusätzlich zur Sonneneinstrahlung.  
Verhindert werden kann der Treibhauseffekt durch verminderte Produktion von Treibhausgasen, was leicht möglich, wirtschaftlich aber uneffektiv wäre. Von der globalen Erderwärmung gehen folgende Gefahren aus: wärmeliebende Tierarten (Zecken, Borkenkäfer, Malaria) breiten sich aus, Meeresspiegel steigt durch Polkappenschmelzung an, Ozeane nehmen CO<sub>2</sub> auf und versauern dadurch → Tod der Korallenriffe wegen Kalkmangel, Dürren, Hurrikane.

-Als Ozonloch wird die geographisch abgegrenzte Abnahme der Ozonschicht bezeichnet, die vor allem über den Polen stattfindet. Der Abbau der Ozonschicht hat negative Folgen für Mensch und Umwelt, da UV-Strahlung nicht mehr in vollem Umfang absorbiert wird. Die in die Stratosphäre eingetragenen Stoffe, vor allem Halogene reagieren mit dort befindlichem Ozon. Dieses wird aufgespalten, wobei verschiedene chemische Verbindungen entstehen. Dadurch nimmt die Menge des Ozons in der Stratosphäre ab, und damit kann die Ozonschicht ihre schützende Funktion zunehmend weniger erfüllen. Wegen der Zerstörung der Ozonschicht gelangt mehr UV-Licht auf die Erdoberfläche, was beim Menschen zu Hautschäden bis hin zum Hautkrebs führen kann. Bei fehlender Ozonschicht droht sogar Erblindung innerhalb weniger Stunden.

## **Evolutionsbiologie**

-Mutationen sind der Hauptgrund für die Evolution, sie laufen zufällig ab. Falls ein Individuum durch eine Mutation einen Selektionsvorteil erhält, so festigt sich die Mutation meistens im Genpool der Population. Allerdings können auch selektionsbenachteiligte Individuen durch Gendrift (zufällige Genauswahl durch Vernichtung eines Teils der Population) ihre Erbinformationen im Genpool festigen.

-Die Wahrscheinlichkeit der Mutationsgefahr in der Eizelle der Mutter nimmt mit dem Alter zu. Dies hängt von den besonderen Bedingungen der Reifung der Eizelle ab. Schon im Fetus sind alle Eimutterzellen in die Meiose eingetreten, unterbrechen sie aber nach wenigen Stadien. Mit Eintritt in die Pubertät reifen periodisch Eizellen unter Bedingung der Meiose heran. Dabei kommt es umso häufiger zu Fehlverteilungen von Chromosomen, je länger die Meiose unterbrochen ist.

-Artbildung erfolgt nach den folgenden Schritten:

\*Separation = geographische Isolation von Populationen. Allopatrische Artbildung = Genpooltrennung

\*Mutation, Rekombination, Gendrift als Veränderung der Genpools (sympatrische Artbildung)

\*Unterschiedliche Phänotypen haben unterschiedliche Selektionsdrücke, andere ökologische Nischen.  
\*reproduktive Isolation durch Morphologie, genetische Isolation, unterschiedliche Verhaltensweisen  
-Durch genetische Mutationen, ökologische Isolation (andere Nahrung) kann die Reihenfolge sich ändern. Dieser Prozess entwickelt sich nicht innerhalb einem Jahr sondern eher in Jahrzehnten bis Jahrhunderten.  
-Adaptive Radiation ist ein Beispiel für eine Artbildung, die bei den Darwin-Finken zur Artbildung führte: geographische Isolation durch Inseln, hohes Angebot an unterschiedlicher Nahrung, kaum Prädatoren.

-Der Tanganjikasee ist der sechstgrößte See der Erde und hat eine große Artenvielfalt (artenreichster Ort der Welt) Es dominieren Buntbarsche (Cichliden) die Fauna des Sees, die sich als sekundäre Süßwasserfische (stammen aus marinen Formen ab) am besten an die hohe Mineralienkonzentration des Sees anpassen konnten. 95% der Arten sind endemisch.

-Auf den Galapagosinseln und drum herum herrscht ein großer Artenreichtum. 40% der Arten sind endemisch. Bekannt sind vor allem die Darwinfinken, die Meeresechsen.

- Korallenriffe entstehen im Laufe vieler Jahrhunderte aus den Skeletten von Steinkorallen, die aus Calciumcarbonat bestehen. Sie bilden die größten von Lebewesen geschaffenen Strukturen auf der Erde und sind Lebensraum für eine Vielzahl von Pflanzen und Tieren, beispielsweise Würmer, Weichtiere, Schwämme, Stachelhäuter und Krebstiere. Eine große Bedeutung haben sie als Kinderstube für pelagisch lebende Fische.

-Die Antarktis ist umgeben von einer riesigen Packeiszone, in der sich eines der üppigsten Ökosysteme der Welt entwickelt hat. In den Meeren wimmelt es von riesigen Schwärmen antarktischen Krills und anderer Kleinkrebse. Dieser Krill bildet den Beginn der Nahrungskette für die zahlreichen Meeres- und Landtiere, wie Fische, Wale, Kalmare, Seelöwen, Seehunde, Pinguine, Robben und zahlreiche Meeresvögel.

-Die phylogenetische Systematik beginnt immer mit einer Drei-Taxa-Beziehung, bei der gefragt wird, ob 2 von 3 Arten oder Artengruppen (Taxa) auf eine Ausgangsform zurück gehen, die gleichzeitig Ausgangsform der dritten ist. Dabei unterscheidet man abgeleitete (apomorphe) von ursprünglichen (plesiomorphen) Merkmale. Dabei sind nur synapomorphische Gruppen als monophyletisch (Merkmale auf eine Ausgangsform zurückgehend, z.B. Grünalgen) anzusehen, synplesiomorphe Gruppen (Übernahme ursprünglicher Merkmale) erfüllen die Aufgabe nicht. Polyphyletische Gruppen haben keine gemeinsame Stammform. z.B. „Würmer“.

-Beuteltiere (Marsupialia) haben in Australien und Neuguinea ihre größte Artenvielfalt, treten aber auch in Süd- und Nordamerika auf. Die Jungen werden nach einer extrem kurzen Tragezeit geboren und in einem Beutel oder zwischen bauchständigen Falten gesäugt.

-Alle Ozeane sind von langgestreckten Gebirgrücken durchzogen. Sie bestehen aus Grabensystemen. Diese Gräben zeigen eine Krustendehnung an. Hier werden die Ozeanböden/Ozeanplatten auseinandergezogen. Unter diesen mittelozeanischen Rücken strömt heißes Erdmantelgestein (Magma) nach oben, wölbt die Rücken auf, und treibt die Platten auseinander. Hier eruptieren 70 % des jährlich vulkanisch geförderten Magmas.

-Unterschiede in den molekularen Evolutionsraten sind auf unterschiedliche Selektionsverhältnisse zurückzuführen, Enzyme unterscheiden sich in der Art tolerierbarer Sequenzen. z.B. Cytochrom C ist seit langer Zeit gleich geblieben, da winzigste Funktionsänderungen einen Einbruch des möglichen Lebens zur Folge haben.

-Die Hardy-Weinberg-Regel besagt, dass in einer idealen Population (keine zufallsbedingten Veränderungen der Allelfrequenzen, keine Mutation und keine Selektion sowie kein Allelaustausch mit anderen Populationen) die Allel- und Genotyphäufigkeiten in folgender Beziehung stehen:

$p^2 + 2pq + q^2 = 1$ . In der Population besitzen die beiden Allele die Häufigkeiten (Frequenzen)  $p$  (für A) und  $q$  (für a). Also ist der Genotyp  $p^2$  homozygot dominant,  $pq$  heterozygot und  $q^2$  homozygot rezessiv.

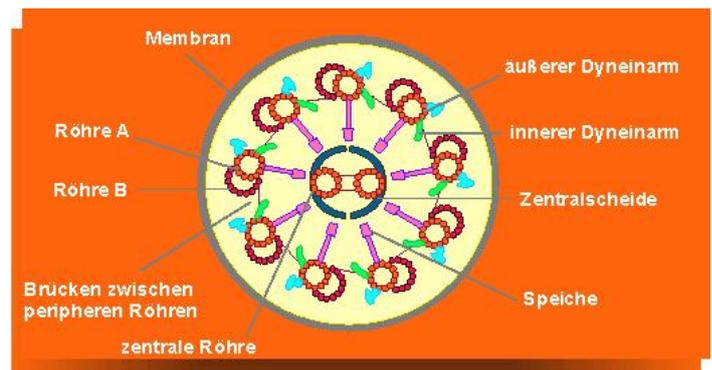
## Zellbiologie

- Die Endosymbiontentheorie geht davon aus, dass Mitochondrien und Plastiden sich aus eigenständigen prokaryontischen Lebewesen entwickelt haben. Im Zuge des Evolutionsprozesses sind diese Einzeller eine Endosymbiose mit einer eukaryontischen Zelle eingegangen, sie leben in ihrer Wirtszelle zum gegenseitigen Vorteil. Das Zusammenspiel der beiden zellulären Organismen hat sich dann im Verlauf der Evolution zu einer gegenseitigen Abhängigkeit entwickelt, in der keiner der beiden Partner mehr ohne den anderen überleben konnte, es entstand eine Symbiose. Diese wird Endosymbiose genannt. Die Abhängigkeit geht so weit, dass die Organellen Teile ihres (nicht mehr benötigten) genetischen Materials verloren oder die entsprechenden Gene teilweise in das Kern-Genom integriert wurden.

Prokaryontische Zellen	Eukaryontische Zellen
Ringförmiges Ein-Molekül-Genom locker an Proteinen gebunden, frei in der Zelle vorliegend	Genom in mehreren linearen Strängen, an Histone gebunden, im Zellkern vorliegend
Keine Organellen, kein Cytoskelett	Organellen, Cytoskelett
Genetisches Material, Plasmamembran, manchmal Zellwand, Cytoplasma, Ribosomen	
RNA- und Proteinsynthese gekoppelt im Cytoplasma	getrennt in Kern und Cytoplasma stattfindend
Einfache Zweiteilung	Mitose und Cytokinese
Flagellen aus Flagellin aufgebaut	Flagellen aus Mikrotubuli aufgebaut
Anaerobe oder aerobe Atmung	Aerobe Atmung
kleiner	größer

-Querschnitt eines Flagellums:

typische [9+2]-Mikrotubuli-Anordnung. An der Peripherie liegen neun Mikrotubulidoublets. Jedes besteht aus einer A- und einer B-Röhre. Im Zentrum liegen zwei einfache Mikrotubuliröhren (nur A). Das Dynein (äußerer Arm blau, innerer grün) ist stets an der A-Röhre verankert. Mit seinen Spitzen nimmt es Kontakt zur B-Röhre des benachbarten Mikrotubulidoublets ( $N + 1$ ) auf. Die ins Zentrum reichenden (violett dargestellten) Strukturelemente sind Speiche und Speichenkopf. Zwischen den Röhren sind Brücken ausgebildet. Die zentral liegenden Röhren sind von einer Zentralscheide (grau) umgeben. Die Geißel / Cilie ist von einer Membran umgeben (ebenfalls grau)



-Eine Pflanzenzelle hat eine starre Zellwand, die den Protoplasten (lebende Zellsubstanz=Zellinneres) umgibt, sowie eine Vakuole, die vom Tonoplasten umgeben ist. Es liegt eine Plasmaströmung vor. Plastiden vorhanden.  
 -Eine Tierzelle hingegen sind von einer dünnen Membran umgeben, haben viele Organellen, ein ausgeprägtes Cytoskelett, keine Vakuole, keine Plasmaströmung und keine Plastiden, nur Mitochondrien

## Zoologische Systematik

-Insecta (Insekten)

**Pterygota** (geflügelte Insekten) Hemimetabolie sowie Holometabolie vorhanden, viele Larven leben aquatisch.

**Ephemeroptera** (Eintagsfliegen) Beispiele: Ephemera, Ecdynonurus

**Odonata** (Libellen) Beispiele: Anax, Calopteryx

**Plecoptera** (Steinfliegen) Beispiel: Nemoura

**Trichoptera** (Köcherfliegen) Beispiel: Hydropsyche, Anabolia, Sericostoma

**Megaloptera** (Schlammfliegen) Beispiel: Sialis

**Diptera** (Mücken & Fliegen) Beispiele: Culex, Aedes, Chaoborus, Cironomus

**Heteroptera** (Wanzen) Beispiele: Notonecta, Corixa, Gerris

## -Crustacea (Krebse)

2 Paar Antennen, Kopf mit Thorax teilweise verschmolzen, Kiemen

### Entomostraca (Niedere Krebse)

**Anostraca** (Schalenlose) Kein Carapax, einförmige Körpergliederung. Beispiel: *Artemia salina*

**Notostraca** (Rückenschaler) Beispiel: Triops. Gehört auch zu den Phyllopoda (Blattfüßler)

**Diplostraca** (Doppelschaler) Beispiel: Cladocera (Wasserfloh) Gehört auch zu den Phyllopoda (Blattfüßler)

**Ostracoda** (Muschelkrebse) meist marin. Beispiel: Cypridina

**Copepoda** (Ruderfüßler) Beispiel: Cyclops (Hüpferting)

**Branchiura** (Kiemenschwänze) Beispiel: Argulus (Karpfenlaus)

**Cirripedia** (Rankenfüßler) adult sessil. Beispiel: Balanus (Seepocke)

### Malacostraca (Höhere Krebse)

Konstante Segmentzahl, Komplexaugen, Laufbeine, Extremitäten am Abdomen. Beispiel: *Astacus astacus*

**Stomatopoda** (Fangschreckenkrebe) Beispiel: Squilla

**Euphausiacea** (Leuchtkrebse) Beispiel: Krill

**Decapoda** (Zehnfüßkrebse) Beispiel: *Astacus astacus* (Flusskrebs)

**Isopoda** (Asseln) Kein Carapax, abgeflachter Körper. Beispiel: Asellus (Wasserassel)

**Amphipoda** (Flachkrebse) Kein Carapax, seitlich zusammengedrückter Körper. Beispiel: Gammarus

### Daphnia Filtrationsmechanismus:

Das 3. te und 4. te Blattbein führen die Durchfiltration aus, der Wasserstrom geht in den Körper hinein und wird über den Darmkanal wieder ausgeschieden.

### Schwämme – Zelltypen:

Schwämme haben kein Nervensystem, kein Sinnesorgan, keine speziell differenzierte Muskelzellen und haben keinerlei echte Organe. Sie bestehen aus Zellverbänden. Die Zelltypen sind:

**Amoebocyten** = alle amöboid beweglichen Zelltypen, sind phagocytotisch tätig

**Archaeocyten** = amöboid beweglich, totipotent, Nahrungstransport, Schwammwachstum, Regeneration, Oogenese

**Sklerocyten** = sezernieren Sklettnadeln (Sklerite), amöboid beweglich

**Collenchyten** = dendritisch, Spannfunktion in der Mesogloea

**Pinacocyten** = äußeres Epithel aus Exopinacocyten (außen) und Endopinacocyten (innen)

**Choanocyten** = Kragengeißelzellen, besetzen die

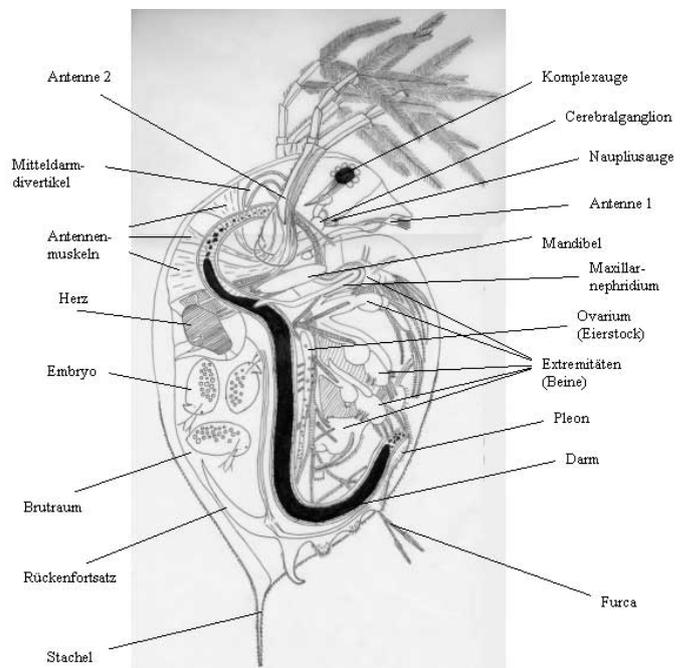
Wandungen der Kanäle und der Geißelkammern, sie sind der Antrieb für den Wasserfluss durch den Schwamm

**Spongioblasten** = bilden die Kittsubstanz Spongin, die den Zusammenhalt der Nadeln gewährt

**Lophocyten** = dendritisch, hinterlassen bei ihrer gerichteten Bewegung durch die Mesogloea Kollagenfasern

**Trophocyten** = bilden Lipidgranula und deponieren sie in Schollen. Ernährungsfunktion bei Oogenese.

**Thesocyten** = dotterreiche Zellen in der Gemmula, entstehen aus Lipidgranula phagocytierenden Amoebocyten



### Cnidaria (Nesseltiere), radiärsymmetrisch

**Hydrozoa:** Generationswechsel von Polyp und Meduse

**Scyphozoa:** Polypengeneration klein oder fehlend, Medusengeneration = „Quallen“

**Cubozoa** (Würfelquallen): Polyp klein, Meduse tetradial

**Anthozoa** (Korallen): nur Polypengeneration

**Ctenophora (Rippenquallen)**, disymmetrisch, keine Nesselkapseln, kein Generationswechsel

### -Mollusca (Weichtiere):

Bilateralsymmetrischer, unsegmentierter Körper, Mantelrand und Mantelfläche scheiden Kalk ab

#### -Gastropoda (Schnecken):

**-Prosobranchia** (Vorderkiemer)

Streptoneurisch, kiemenatmend. Beispiele: Theodoxus, Viviparus

**-Ophistobranchia** (Hinterkiemer)

Beispiel: Nacktschnecken (Nudibranchia)

-**Pulmonata** (Lungenschnecken)

gerader Nervenverlauf, Luftatmung. Beispiele: Radix, Lymnaea, Planorbarius

-**Bivalvia (Muscheln)**

2 Schalenklappen, über Ligament verbunden, Schale mit Zuwachsstreifen

-**Filibranchiata** (Fadenkiemer) Beispiel: Mytilus

-**Eulamellibranchiata** (Blatt- od. Lamellenkiemer)

2 Schließmuskeln vorhanden, Kiemen zu Filterapparaten entwickelt. Beispiele: Unio, Anodonta, Dreissena

-**Cephalopoda (Kopffüßer)**

-**Tetrabranchiata** (4 Kiemen) Beispiel: Nautilus (Schiffsboot), Ammoniten

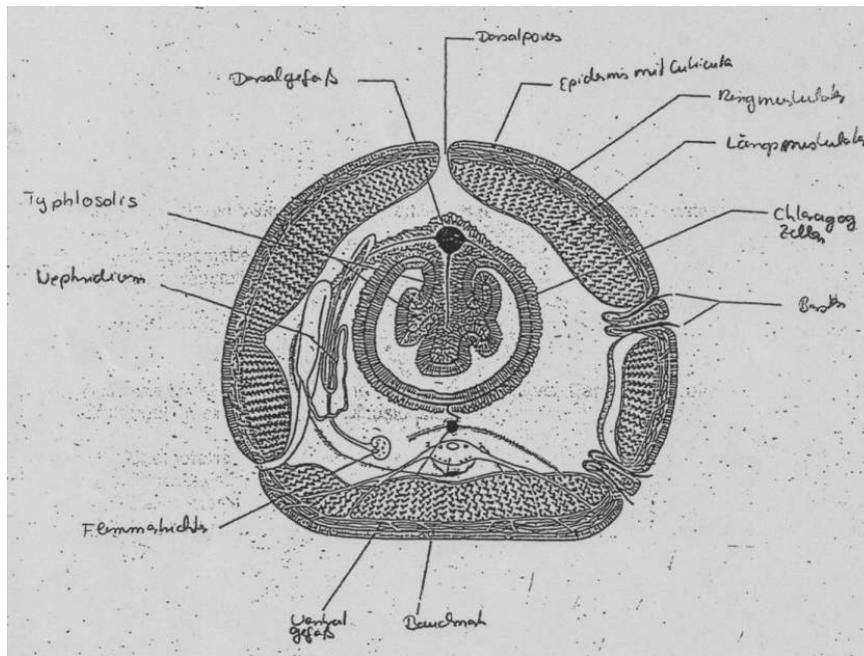
-**Dibranchiata** (2 Kiemen)

Decabracia (zehnarmig) Beispiel: Sepia, Loligo

Octobracia (achtarmig) Beispiel: Octopus

Regenwurm (Lumbricus terrestris)

Querschnitt durch einen Regenwurm



## Stoff- und Energiewechsel

-Die Gesamtreaktion der aeroben Glucoseoxidation ist:  $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O + 36 ATP$

-Bei der Gärung (anaerober Kohlenhydratabbau) wird Glucose in Lactat (Milchsäuregärung) oder in Ethanol (alkoholische Gärung) abgebaut. Dabei werden 2 NADH verbraucht, aber wieder produziert und es entstehen nur 2 ATP als Gesamtausbeute. Die Effizienz ist hier deutlich schlechter als bei der aeroben Reaktion.

-Das Verhältnis von Kohlendioxidabgabe und Sauerstoffaufnahme nennt man respiratorischen Quotienten. Da die unterschiedlichen Nährstoffe unterschiedliche Sauerstoffmengen für ihre Oxidation benötigen / an der Ausscheidung von  $CO_2$  beteiligt sind, haben sie andere  $RQ$ 's. Kohlenhydrate: 1,0, Proteine: 0,8, Fette: 0,7.

-Der Energieumsatz steigt mit der Körpergröße, allerdings meist nichtlinear:  $E = a * M^b$

Hierbei ist E der Energieumsatz, a = Massenkoeffizient, M = Körpermasse, b der Massenexponent, meist 0,75

-Der Energieumsatz hängt auch vom Aktivitätszustand ab. Es gibt die Grundumsatzrate (Ruhezustand mit der niedrigsten Stoffwechselrate) und die Aktivitätsumsatzrate (Tier während Lokomotion). Der Aktivitätsumsatz kann weit über den Grundumsatz hinaus steigen: 10-20fach bei Kurzstreckenläufern, 150fach bei fliegendem Insekt.

-Bei der Ernährung gibt es mehrere Ernährungstypen:

**Herbivor** = ernährt sich von pflanzlichen Organismen

**Omnivor** = ernährt sich von tierischen und pflanzlichen Organismen

**Carnivor** = ernährt sich von tierischen Organismen

**Saprophage** = ernährt sich von sich in Zersetzung befindendem organischem Material

-Tiere sind auch auf eine Reihe von Nährstoffen angewiesen, die sie nicht selbst synthetisieren können, sie werden von Pflanzen gebildet. Das sind die Vitamine, von denen es 13 gibt. Die meisten sind Coenzyme:

Fettlösliche Vitamine:

**Retinol (A)**

**Calciferol (D)**

**Tocopherol (E)**, wird auch im Darm von Säugern durch Bakterien gebildet.

**Phyllochinon, Menadion (K)**, Carboxylierung

Wasserlösliche Vitamine:

**Thiamin (B<sub>1</sub>)**, oxidative Decarboxylierung

**Riboflavin (B<sub>2</sub>)**, oxidative Phosphorylierung

**Nicotinsäure (B<sub>3</sub>)**, H-Übertragung als NADH

**Folsäure (B<sub>9</sub>)**, Synthese der Purin-Nucleotide, wird auch im Darm von Säugern durch Bakterien gebildet.

**Pantothensäure (B<sub>5</sub>)**, Aktivierung von Fettsäuren als Coenzym A, wird im Darm von Säugern gebildet.

**Pyridoxin (B<sub>6</sub>)**, Aminosäurestoffwechsel

**Cobalamin (B<sub>12</sub>)**, Alkylgruppenübertragung, wird auch im Darm von Säugern durch Bakterien gebildet.

**Ascorbinsäure (C)**, Redoxreaktionen

**Biotin (H)**, Carboxylierung

-Verdauung ist die enzymatische Hydrolyse von Nährstoffen in ihre Grundbausteine.

Unter intrazellulärer Verdauung versteht man die Aufnahme durch Endocytose in die Zelle und dort in Vesikeln (Nahrungsvakuolen) verdaut, indem die Vesikel mit hydrolasehaltigen Lysosomen zu sekundären Lysosomen verschmelzen, die Spaltprodukte gelangen ins Cytosol, die Exkretionsprodukte durch Exocytose nach außen. Wird bei Protozoen, Schwämmen, Coelenterata und Turbellaria verwendet. Bei höheren Metazoen gibt es coated pits (Clathrinbedeckte Vesikel), die Stoffe werden receptorspezifisch endocytiert.

Extrazelluläre Verdauung hingegen erfolgt über Verdauungstrakte, in die die Hydrolasen zur Zersetzung hinein sezerniert werden und die Spaltprodukte erst ins Zellinnere resorbiert werden. Manche Insekten können die Hydrolasen auch in ihre Beute hinein sezernieren und somit extraintestinal verdauen.

-Es gibt zwei Arten von Verdauungstrakten in der Tierwelt:

**Gastrovaskularsystem** bei Coelenteraten und Plathelminthen. Eine Öffnung nach außen, dient auch zur Nährstoffverteilung, ist also auch ein Blutgefäßsystem.

**Darmtrakt**, besteht aus einem Rohr mit vorderer (Mund) und hinterer (After) Öffnung, ist in mehrere Abschnitte mit unterschiedlichen Aufgaben gegliedert. Vorder- und Enddarm sind ektodermal, Mitteldarm entodermal.

-Bei Wirbeltieren gibt es mehrere Verdauungsenzyme, die unterschiedliche Stoffe zersetzen und lokalisiert sind:

**Polysaccharide**: Amylase (Speicheldrüsen, Pankreas) oder Cellulase (Mikroorganismen im Dünndarm) →

Oligosaccharide: Glykosidasen (Pankreas) → Monosaccharide

Disaccharide: Disaccharidasen, z.B. Maltase, Lactase (Dünndarm) → Monosaccharide

**Proteine**: Endopeptidasen (Pepsin im Magen, Trypsin in Pankreas) →

Oligopeptide: Exopeptidasen, z.B. Dipeptidasen (Pankreas, Dünndarm) → Di-, Tripeptide, Aminosäuren

**Fette**: Gallensäuren (Leber) → emulgierte Fette: Esterasen, z.B. Lipase (Pankreas) → Fettsäuren & Glycerin

-Saures Medium im Magen wird benötigt, da das optimale Wirkungsspektrum der Endopeptidase Pepsin im sauren Bereich liegt. Dazu wird durch Belegzellen in den Fundusdrüsen im Magen HCl exkretiert. Im Zellinneren würde das saure Milieu tödlich sein, daher ist das Zellinnere neutral (7) und in den sekretorischen Canaliculi bei 1,0. Die H-Ionen dürfen also gegen einen starken Gradienten antreten und dürfen erst beim Verlassen der Zellen ionisiert werden. Die hohe Mitochondriendichte in den Belegzellen und die hohe ATP-Produktion sind dafür Voraussetzung. Reaktion: H<sub>2</sub>O wird in H und OH gespalten, die Carboanhydrase fusioniert das OH mit CO<sub>2</sub> → es entsteht HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Dieses wird ins Zelläußere gepumpt, dafür kann Cl<sup>-</sup> eintreten. Die Protonen werden durch ein Cytochrom-System (Fe<sup>3+</sup> und Fe<sup>2+</sup>) bei der Entstehung durch Fe<sup>2+</sup> neutralisiert, es entsteht dabei Fe<sup>3+</sup>. Zum Austritt der Protonen werden diese durch Fe<sup>3+</sup> wieder ionisiert. Der Austritt von Cl<sup>-</sup> ins extrazelluläre erfolgt normal, der Protonenaustritt erfolgt über eine ATP-Pumpe.

-Ein vierkammeriger Wiederkäuermagen hat als Besonderheit in den ersten beiden Abschnitten bizarr gestaltete Ciliaten, die Cellulosepartikel einstrudeln und durch Cellulase spalten. Pansenbakterien machen dasselbe. Zudem gibt es noch andere Bakterien, die den Harnstoff aus der Blutbahn im Pansen zur Proteinsynthese verwerten, sie können bis zu 50% ihres Proteinbedarfs aus Harnstoff decken. Wiederkäuer zählen zu den prägastrisch verdauenden Herbivoren, da die Mikroorganismen vor dem eigentlichen Magen (Labmagen) sind und nicht wie bei Koalas oder Kaninchen im Blinddarm.

Der Wiederkäuermagen besteht aus einem zweikammerigen Pansen, einem Netzmagen und einem Labmagen.

-Kiemen sind dünnhäutige Ausstülpungen der Körperwand (Extremitäten bei Polychaeta und Crustacea, Mantelhöhle bei Mollusken oder Vorderdarm bei Chordaten).

Bei den Knochenfischen wird das Wasser durch den Mund eingesaugt, zwischen den Kiemenbögen hindurch nach außen gepresst und dabei an den respiratorischen Epithelien (stark durchblutete Kiemenlamellen) vorbei geführt. Wasser und Blut strömen dabei in entgegengesetzter Richtung → bis 90% des Sauerstoffs ins Blut

-Zum Gasaustausch dient bei höheren Metazoen das respiratorische Epithel, das eine größere Oberfläche als der restliche Körper erhält. Der Gastransport ist wie der Wassertransport passiv (Diffusion)

-Die Schwimmblase der Knochenfische ist ein Auftriebsorgan, es funktioniert durch Regulation des Gasgehaltes. Da mit zunehmender Wassertiefe der Außendruck zunimmt, muss die Schwimmblase ihren Druck anpassen. Diese Anpassung erfolgt durch Gassekretion aus der Blutbahn in einem Teil der Schwimmblase, der Gasdrüse. Diese ist ein stark durchbluteter Teil. Der Eintritt von O<sub>2</sub> in das Blut wird durch Kapillaren verhindert, indem das Gas aus dem venösen Teil der Kapillare quer zur Strömungsrichtung in den arteriellen Teil diffundiert. Der anaerobe Glucosestoffwechsel in den Epithelzellen der Gasdrüsen ist für den Austausch verantwortlich: Das produzierte Lactat vermindert die O<sub>2</sub>-Löslichkeit des Blutes und der pH-Wert induziert O<sub>2</sub>-Freisetzung der Erythrocyten. Dadurch haben die Kapillaren zwar einen höheren Partialdruck aber einen geringeren Gehalt an O<sub>2</sub>

-Spinnen und Skorpione haben statt Kiemen paarig angeordnete Stapel lamellenförmiger Körpereinstülpungen (Fächerlungen), die von Hämolymphe umspült und durch Cuticularpfeiler vor dem Kollaps geschützt werden.

-In der Luftatmung würden Kiemen kollabieren, aus dem Grund gibt es Lungen als Einstülpungen der Körperwand (um Wasserverlust zu vermeiden, entodermaler Herkunft). Amphibien, Reptilien und Säuger haben blind endende Atmungswege (Bronchien, Bronchiolen, Alveolen) → bidirektionelle Wechselströmung, nicht unidirektionell wie bei Kiemen. Die Alveolarluft enthält immer etwas Restluft → ungünstigere Konzverhältnisse

-Die Vogellunge ist der leistungsfähigste Lungentyp der Chordata, sie hat keine blind endenden Alveolen sondern durchgehende Luftkapillarien, die unidirektionell durchströmt werden. Das wird dadurch hervorgerufen, dass die Vogellunge mit Luftsäcken verbunden ist, die als Blasebälge wirken und die Luft durch Parabronchien (Lungenpfeifen) treiben. Auch die kürzeren Diffusionswege sind von Vorteil, der Durchmesser der Kapillarien sowie deren Abstand ist deutlich geringer. → Anpassung an sauerstoffarme, große Höhen.

-Tracheen sind fein verzweigte Hauteinstülpungen, die mit einer dünnen Cuticula (Intina) ausgekleidet und durch Exocuticularleisten (Taenidien) verstärkt sind. Die Tracheen verzweigen sich immer feiner zu den Tracheolen, die bis in die unmittelbare Nachbarschaft der Mitochondrien der Organe kommen und so die Organe direkt mit Sauerstoff versorgen. Treten bei Insekten, einigen Arachniden, Onychoporen und Myriapoden auf.

-Blut ist das Transportmedium für Sauerstoff, es enthält entweder Proteinaggregate (Hämocyanine, schwere Hb-Form) oder in Zellen eingelagerte Proteine (Erythrocyten) die Bindung erfolgt über Metallionen im Zentrum. Der Grund für diese Anordnung ist, dass die Proteine den osmotischen Wert möglichst gering halten wollen:

**Hämoglobin** (Fe-Porphyrin-Protein), die leichte Form bei den Vertebraten und Echinodermen, die schwere Form bei vielen Invertebraten: Nematoden, Anneliden, Arthropoden, hohe Affinität für Kohlenmonoxid → Tod

**Chlorocruorin** (Fe-Porphyrin-Protein), bei wenigen Anneliden vorhanden: Serpuliden, Sabelliden

**Hämerythrin** (Fe-Protein), bei einigen Brachiopoden, Priapuliden, Sipunculiden und Anneliden vorhanden, da Eisen nicht über Hämgruppe gebunden, wird CO nicht gebunden → Vergiftung durch CO unmöglich.

**Hämocyanin** (Cu-Protein), bei Mollusken und Arthropoden vorhanden

**Myoglobin**: im Gegensatz zu Hämoglobin ein monomeres statt tetrameres Protein, findet sich in der Muskulatur von Wirbeltieren, hat eine höhere O<sub>2</sub>-Affinität und kann daher diesen leicht vom Hämoglobin übernehmen.

In der Regel wird das gebundene O<sub>2</sub>-Molekül im Zielgewebe freigegeben, es kann aber auch im Protein gespeichert werden, je nach physiologischen Bedingungen.

-CO<sub>2</sub> wird in der Form von HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> im Blut transportiert, das entsteht durch Reaktion von CO<sub>2</sub> mit H<sub>2</sub>O. Diese Reaktion wird die in Erythrozyten enthaltene Carboanhydrase beschleunigt.

-Amphibien können 50% ihres Stoffwechsels durch Hautatmung decken, zur Paarungszeit werden sogar Hautpapillen zur verbesserten Hautatmung entwickelt, es gibt eine Hautarterie, durch die sichergestellt wird, dass O<sub>2</sub>-armes Blut entlang der Haut geleitet wird. Die nicht unterteilte Herzkammer der Amphibien erlauben eine Verbindung zwischen Lungen- und Körperkreislauf.

-Luftatmende Fische haben das Problem, dass sie über die Kiemen Sauerstoff verlieren können, daher sind bei ihnen die Kiemenlamellen stark reduziert und das Kiemenepithel verdickt. Nur die Lungenfische haben Lungen.

-Es gibt geschlossene Blutgefäßsysteme (bei Anneliden, Cephalophoden und Vertebraten), bei diesen fließt das Blut vom Herz weg durch die Arterien und zum Herz hin in Kapillaren und Venen. Diese Gefäße sind alle endothelbekleidet. Die Arterien sind sehr elastisch und können dadurch die stoßartige Systole (Ausstossphase) und Diastole (Füllungsphase) des Herzens in eine gleichmäßige Strömung überführen. Diese gelangt in die dünnen Kapillarnetze, wo Blutdruck und Strömungsgeschwindigkeit abnehmen und das Blut lang genug zum Stoff- und Gasaustausch verbleibt. Die Venen dienen lediglich als Volumenreservoir. Das Herz ist nur bei Vögeln und Säugetieren zweikammerig, sonst einkammerig und pumpt nur eine Blutart.

-Das offene Blutgefäßsystem tritt bei Arthropoden und Mollusken (außer den Cephalophoden) auf. Das Blut (Hämolymphe) ergießt sich offen in die Leibeshöhle und zirkuliert frei. Der Flüssigkeitsgehalt ist deutlich höher als bei geschlossenen Blutgefäßsystemen, da nahezu die gesamte aufgenommene Flüssigkeit eingebaut wird. Die Hämolymphe fließt langsam und unter geringem Druck.

Bei Krebsen ist das Herz hinter den Atmungsorganen, pumpt also O<sub>2</sub>-reiches Blut. Bei Insekten gibt es neben dem Dorsalherz noch mehrere akzessorische Herzen, um die Hämolymphe in enge Organe wie Antennen und Extremitäten zu pumpen. Bei Spinnen liegt ein offenes Arteriensystem vor.

-Das Blut besteht aus folgenden Bestandteilen:

-Die Blutgerinnung wird durch mechanische Verletzung der Barriere zwischen Außen- und Innenmilieu hervorgerufen, dabei wird durch die Koagulationsfähigkeit (Blutgerinnung) des Blutes eine rasche Abschottung ermöglicht. Es werden dann mehrere Gerinnungsfaktoren aktiviert, die schließlich die Umwandlung von Fibrinogen zu Fibrin hervorrufen.

-Das Immunsystem dient zur Aufrechterhaltung der Integrität. Vertebraten und in Ansätzen auch Invertebraten haben eines. Es besteht aus Erkennungsmechanismen und Abwehrmechanismen.

Antikörper (Rezeptoren) unterscheiden Antigene (pathogene Fremdsignale) und gehen mit ihnen Immunkomplexe ein, es gibt selektive

Antikörper für jedes Antigen, dadurch wird die Primärantwort ausgelöst. Langfristig kann der Organismus aber auch ein immunologisches Gedächtnis bilden und hat einen langfristigen Schutz gegen bestimmte Antigene (Sekundärantwort). Humorale Immunität (Antigene im Blutplasma) oder zellvermittelte I. (Antigene an Zellen) Die Grundlagen des Immunsystems sind die B-Lymphozyten, die sich nach Aktivierung durch das entsprechende Antigen in Antikörper-sezernierende Plasmazellen teilen und die T-Lymphocyten, die phagozytierende Zellen oder Zellen die andere Zellen des Immunsystems aktivieren, produzieren.

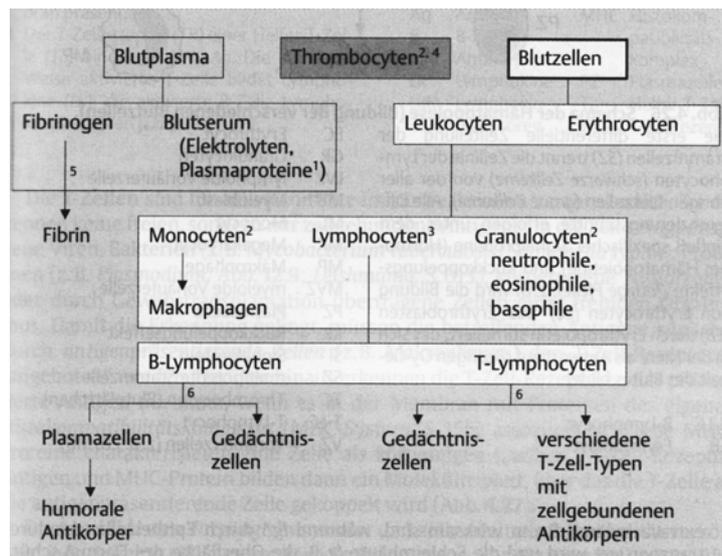
Die T-Lymphocyten erkennen keine freien sondern nur zellgebundene Antigene, also in die Zelle eingedrungene Fremdorganismen oder Tumorzellen. Diese erkennen sie nur über antigenpräsentierende Zellen (Makrophagen) und wenn es mit den Proteinen des eigenen Haupthistokompatibilitätskomplex (MHC) assoziiert ist.

Die Elimination der identifizierten Immunkomplexe erfolgt durch das Komplementsystem der Antikörper, sie werden nach einer Enzymkaskade ergänzt und in deren Folge lagern sich andere Komponenten an die Bakterienoberfläche an, die die Zellwand derselben durchbohrt und somit die Lyse herbeiführt.

Zell-Lyse kann aber auch durch cytotoxische Killer-T-Zellen hervorgerufen werden, die Membranpermeabilität der Zellen wird verändert, wodurch sie platzt. Sie muss genauso wie die Helfer-T-Zellen das Antigen erkennen.

-Die primären lymphoiden Organe sind das Knochenmark, wo alle Lymphocyten entstehen, aber nur die B-Lymphocyten dort reifen (bei Vögeln in der Bursa fabricii, dorsale Enddarmausfaltung), und der Thymus, wo T-Lymphocyten heranreifen.

-Invertebraten synthetisieren Bakterizide (antibakterielle Substanzen) und dadurch immunisiert. Oder die Parasiten werden von granulären Hämatozyten angegriffen, die sie verklumpen. Plasmotocyten phagozytieren.



-Ionenpumpen halten Ionenkonzentrationen zwischen Zellinnerem und Zelläußeren oder zwischen Kompartimenten in einer Zelle aufrecht, diese sind integrale Carrier-Proteine. Diese binden auf einer Seite ein Ion und geben es auf der anderen wieder ab. Die wichtigste Ionenpumpe im Körper ist die  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -Pumpe, die unter ATP-Verbrauch 3 Natriumionen nach außen und 2 Kaliumionen nach innen transportiert. Sie erzeugt eine Ladungsdifferenz, ist eine elektrogene Pumpe. Der durch diese Pumpe geschaffene Natriumgradient ist für andere Carrier-Proteine Voraussetzung, weil sie so Antiport (z.B.  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ -Antiport) und Symport (z.B. von  $\text{Na}^+$  und Glucose/Aminosäuren in Darmzellen) ermöglicht.

-Durch Ionenkanäle (Kanalproteine) können Ionen passiv entlang ihres elektrochemischen Gradienten schnell die Seite wechseln. Es gibt permanent geöffnete und vorübergehend geöffnete (potentialabhängige=bei Änderung des Membranpotentials oder ligandenabhängige=Bei Bindung eines extrazell. Liganden) Ionenkanäle.

-die meisten marinen Invertebraten sind isosmotisch mit ihrer Umgebung (gleicher osmotischer Wert), wird dieser verändert und sie verändern ihr Innenmedium parallel, so sind es Osmokonformer (poikilosmotische Tiere, Miesmuschel). Halten sie ihren osmotischen Wert dagegen konstant, sind es Osmoregulatoren (homoiosmotische Tiere, Artemia). Letztere leben vor allem in Gebieten mit starken Konzentrationsänderungen.

-Süßwassertiere und Landtiere sind immer Osmoregulatoren:

**Süßwasserfische** (hyperosmotische Regulatoren), trinken nicht, exkretieren viel Harn, resorbieren Ionen

**Meeresfische:**

**Knochenfische** (hypoosmotische Regulatoren), trinken, exkretieren wenig Harn, exkretieren Ionen

**Knorpelfische** (isosmotisch), hohe Harnstoffkonzentrationen im Blut

**Landtiere** haben hohen Wasserverlust durch Atemluft, nehmen Wasser mit Nahrung auf, Säugetiere drosseln Wasserabgabe in den Nieren durch Produktion von Blut-hyperosmotischen Harn (in Bezug auf NaCl)

**Meeresvögel und Meeresreptilien** trinken Salzwasser, scheiden das Salz aber über Salzdrüsen am Kopf aus. → Wassergewinn für den Körper.

-Exkretion und Osmoregulation sind eng gekoppelt, da Wasserabgabe so weit wie möglich verhindert werden soll.

Es gibt mehrere Exkretionsprodukte, um Stickstoff abzugeben:

**$\text{NH}_4^+$ -Ionen** (ammoniotelische Tiere), diffundieren über Kiemen und Integument nach außen

**Harnstoff** (ureotelische Tiere), wasserlösliche Substanz, nur bei genügend Wasser oder genügender Konzentration

**Harnsäure** (uricotelische Tiere), kristalline Substanz, bei Tieren mit hohem Wasserverlust.

Der Exkretionsmechanismus verläuft wie folgt:

Bildung von Primärharn durch Druckfiltration (Plathelminthen, Mollusken, Crustaceen, Vertebraten) oder Sekretion (Insekten), anschließend Resorption verwertbarer Stoffe ( $\text{H}_2\text{O}$ , Ionen) aus diesem → Sekundärharn

Auch gibt es mehrere Exkretionsorgane:

**Protonephridien** (Tiere ohne Coelom, Plathelminthen, Annelidenlarven): Cilienbündel sorgt für Strom

**Metanephridien** (Tiere mit Coelom, Anneliden, einige Mollusken): Wimperntrichter (Nephrostom) strudelt ein

**Nephronen** (Wirbeltiere), Blutgefäße in Wimperntrichter verlagert → Malpighi-Körperchen. Es besteht aus

Blutkapillarknäuel (Glomerulum), umgreift das blinde Ende des Nephronkanals becherförmig (Bowman-

Kapsel). Podocyten der inneren Kapselwand umspannen das Kapillarendothel → Glykoproteingeflecht der

Basallamina wirkt als Ultrafilter. Kapillardruck presst den Primärharn dadurch in das Lumen des Nephrons. Im

folgenden proximalen Tubulus erfolgt die Resorption der Ionen und bei Säugern in der Henle'schen Schleife

(Gegenstromprinzip) die Wasserresorption. Je länger die Henle'sche Schleife, desto konzentrierter der Harn.

Wüstentiere haben die längste, konzentrieren um Faktor 20-25, Menschen nur 5-7.

**Malpighi-Gefäße** (Insekten aus Ektoderm und Spinnen aus Entoderm), dünne Schläuche im Verdauungstrakt, Primärharn entsteht durch Sekretion (im Mixocoel keine Filtrationsdrucke möglich?). Rektalpapillen resorbieren.

-Die innere Temperatur von Organismen kann auch den äußeren Bedingungen angepasst

(Thermokonformer=poikilotherme Tiere=wechselwarme Tiere) oder konstant gehalten werden

(Thermoregulatoren=homoitherme Tiere=gleichwarme Tiere).

Poikilotherme Tiere haben eine höhere Metabolismusrate (einfaches biochemisches System), wenn die

Temperatur erhöht wird, bei homoithermen Tieren sinkt sie bis zu einem kritischen Punkt, ab dem sie

unabhängig von der Temperatur ist. Allerdings müssen homoitherme Tiere viel Energie dafür aufwenden →

Metabolismusrate der homoithermen Tiere um ein vielfaches höher. Kosten steigen mit sinkender Körpergröße.

Die Thermoregulation kann bei poikilothermen Tieren verhaltensgesteuert sein (Aufenthalt in Gegenden, die die

optimale Temperatur für biochemische Prozesse haben) oder physiologisch (Muskelzittern bei Bienen → Thorax

wird erwärmt, bei Überhitzung Nektarabgabe zur Verdunstungskälte)

Homoitherme Tiere messen mit Wärme- und Kälterezeptoren (im ZNS und peripher an der Haut), ihre Stellglieder der Wärmeproduktion sind Skelettmuskelzellen (Muskelzittern, haben hohe Mitochondrienkonz.)  
Der Wärmeabgabe dienen die Schweißdrüsen (Verdunstungskälte)

Bei der Hibernation (Winterschlaf) sinkt die Körpertemperatur auf die Umgebungstemperatur, Metabolismusrate sinkt stark. Thermoregulation ist aber nicht abgeschaltet sondern auf einen tieferen Sollwert geschaltet)

-Hormone sind ein chemisches Kommunikationssystem, die intrazelluläre chemische Regulatoren wie  $H^+$ ,  $Ca^{2+}$  aktivieren. Sie werden über die Blutbahn (endokrin), manchmal als Prohormone transportiert, oder als Gewebshormone, die nicht über die Blutbahn laufen (autokrin zur eigenen Zelle, parakrin zu einer benachbarten Zelle). Nervenzellen können Neurohormone an die Blutbahn abgeben (Neurosekretion) oder lokal über Neurotransmitter (synaptischer Spalt) wirken.

Hormone wirken im allgemeinen nicht artspezifisch

Es gibt 3 Hauptstoffklassen der Hormone:

#### Aminosäurederivate

**Thyroxin** (Schilddrüse), erhöht Basismetabolismusrate, steuert Metamorphose bei Amphibien

**Adrenalin, Noradrenalin** (Nebennierenmark), steigert Glucosespiegel im Blut

**Melatonin** (Zirbeldrüse), konzentriert Pigmentgranula in Pigmentzellen, Steuerung von FSH und LH Sekretion

#### Peptide und Proteine

**Adrenocorticotropes Hormon** (Hypophysevorderlappen), Nebennierenrindehormonproduktion

**Thyreotropes Hormon** (Hypophysevorderlappen), Thyroxinsynthese

**Somatotropin** (Hypophysevorderlappen), Gewebewachstum, Glucosespiegelerhöhung, Proteinsynthese

**Follikelstimulierendes Hormon** (Hypophysevorderlappen), Spermatocytdifferenzierung bzw. Follikelreifung

**Luteinisierendes Hormon** (Hypophysevorderlappen), Testostereonsynthese bzw. Ovulation, Progesteronsynthese

**Prolactin** (Hypophysevorderlappen), Entwicklung der Milchdrüse, Synthese der Milchproteine

**Melanotropin** (Hypophysezwischenlappen), Melaninsynthese, Pigmentgranulaausbreitung

**Vasopressin** (Hypophysehinterlappen), Wasserreabsorption in Niere, Blutgefäßkontraktion

**Oxytocin** (Hypophysehinterlappen), Uterusmuskulaturkontraktion bei Geburt, Milchsekretion

**Releasing- und Inhibiting-Hormone** (Hypothalamus), Reguliert Hormonsekretion des Hypophysevorderlappens

**Calcitonin** (Ultimobranchialkörper in Schilddrüse), senkt Calciumspiegel im Blut, baut dieses in Knochen ein

**Parathormon** (Nebenschilddrüse), steigert Calciumspiegel im Blut, baut dieses aus Knochen aus

**Insulin** ( $\beta$ -Zellen des Pankreas), Bildung von Glycogen aus Glucose, Glucoseverbrauch (Einlagerung, Oxidation)

**Glucagon** ( $\alpha$ -Zellen des Pankreas), Glykogenabbau, Glucosefreisetzung aus Leber

**Erythropoetin** (Niere), Erythrocytenbildung im Knochenmark

**Renin** (Niere), Angiotensinsynthese in Nebennierenrinde, stimuliert Aldostereonsynthese

**Gastrin** (Magen), Pepsin- und HCl-Sekretion aus den Drüsenzellen

**Sekretin** (Zwölffingerdarm), Verdauungsenzymsekretion des Pankreas, HCl-Produktionshemmung im Magen

**Cholecystokinin** (Zwölffingerdarm), Gallenblasenkontraktion

**Choriogonadotropin** (Placenta), wirkt wie Luteinisierendes Hormon

**Prostaglandine** (alle Gewebe) lokale Blutdruckregulation, Entzündungsprozesse, Fettsäurestoffwechsel

#### Isoprenoide (Terpenoide, Steroide)

**Glucocorticoide** (Nebennierenrinde), Entzündungshemmung, Kohlenhydratsynthese aus Proteinen

**Mineralcorticoide** (Nebennierenrinde), fördert Wasserresorption in Niere

**Testosteron** (Hoden), Spermio-genese, Entwicklung sekundärer Geschlechtsmerkmale, auch Verhalten

**Östrogene** (Ovar), Östrus, Uterusschleimhautbildung, sekundäre Geschlechtsmerkmale, auch Verhalten

**Gestagene** (Ovar), Vorbereitung der Uterusschleimhaut zur Einnistung des Eis, Schwangerschaftshaltung

-Die Hormonaktivität wird hauptsächlich durch das Hypothalamus-Hypophysen-System reguliert, der Hypothalamus schüttet Hormone aus, die die Hypophyse zur Hormonausschüttung bewegen.

## Menstruationszyklus

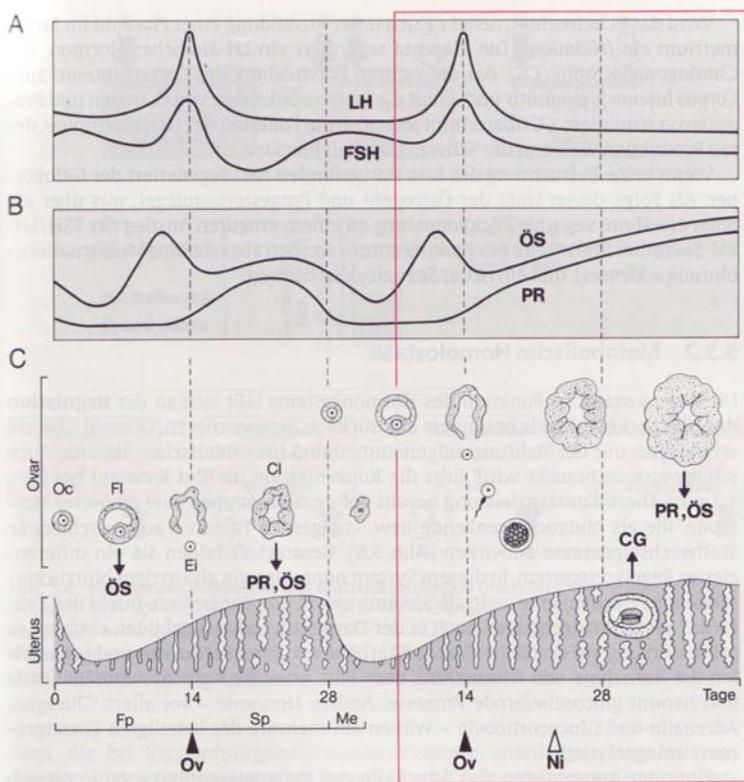


Abb. 5.5 Menstruationszyklus der Primaten: Beispiel *Homo* (nach McNaught, Callander).

Konzentrationsänderungen von	Fp	Follikelphase
<b>A</b> Gonadotropinen und	FSH	follikelstimulierendes Hormon
<b>B</b> Hormonen des Ovars.	LH	Luteinisierungshormon
<b>C</b> Vorgänge in Ovar und Uterusschleimhaut:	Me	Menses
links ohne Befruchtung, rechts mit Befruchtung (farbig umrandet)	Ni	Nidation
	Oc	Oocyte
	ÖS	Östrogen
	Ov	Ovulation
	PR	Progesteron
	Sp	Sekretions-(Gelbkörper-)Phase
	CG	Choriogonadotropin
	Cl	Corpus luteum
	Fi	Follikel

## Häutung vom holometabolen Insekt

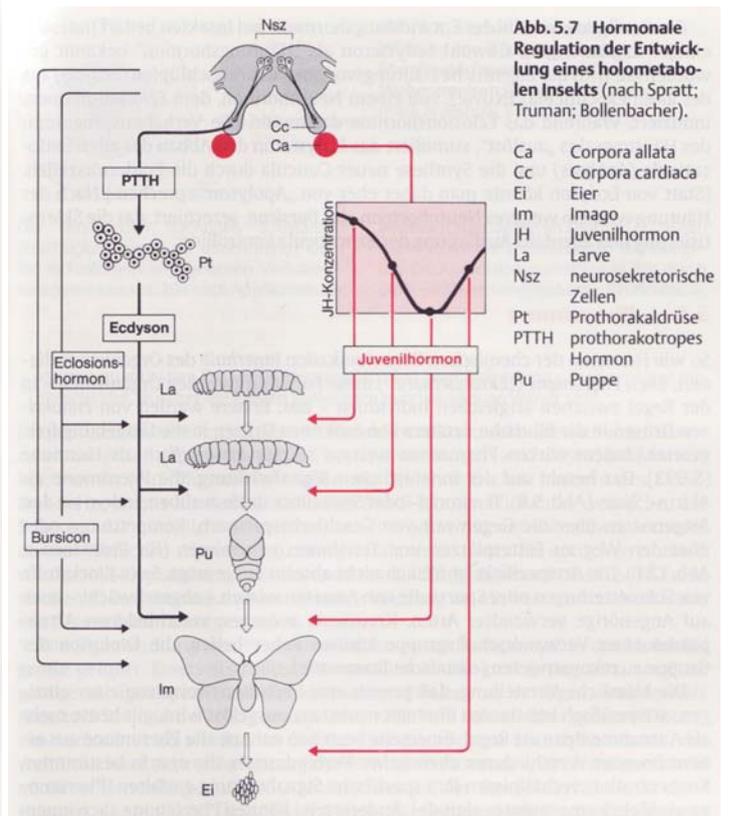


Abb. 5.7 Hormonale Regulation der Entwicklung eines holometabolen Insekts (nach Spratt, Truman; Bollenbacher).

Ca	Corpora allata
Cc	Corpora cardiaca
Ei	Eier
Im	Imago
JH	Juvenilhormon
La	Larve
Nsz	neurosekretorische Zellen
Pt	Prothorakdrüse
PTTH	prothorakotropes Hormon
Pu	Puppe

-Pheromone dienen zur Kommunikation zwischen Organismen, wirken stark artspezifisch, sie können als Signalthormone, d.h. Alarm-, Spur-, Territorial- oder Sexuallockstoffe dienen. Sie bestehen meist aus mehreren verschiedenen chemischen Verbindungen und entfalten erst ab bestimmten Konzentrationen ihre Wirkung. (Mehrkomponentensignale). Können auch der intraspezifischen Individuenunterscheidung dienen. Kleinste Änderungen in der Molekülstruktur können unterschiedliche Wirkungen ausüben. Pheromone müssen möglichst klein zur leichten Verbreitung sein, aber noch groß genug für Variationsmöglichkeiten. Sie können auch Primerwirkungen (morphologische und physiologische Unterschiede) ausüben, z.B. inhibiert Bienenköniginnenkot die Entwicklung weiterer Larven zu Königinnen. Bei Mäusen können Pheromone hormonausschüttend wirken (LH&FSH)