Ökologie

- **Begriff:**
  Lehre vom Haushalt der Natur (Ernst Haeckel); Lehre von den Beziehungen der Lebewesen zu ihrer biotischen und abiotischen Umwelt.

- **Biotische Umweltfaktoren:**
  Einflüsse, die von anderen Lebewesen ausgehen. (z.B. Nahrung, Fressfeind, Geschlechtspartner)

- **Abiotische Umweltfaktoren:**
  Alle chemisch-physikalischen Bedingungen des Lebensraumes. (z.B. Temperatur, Licht, Wasser)

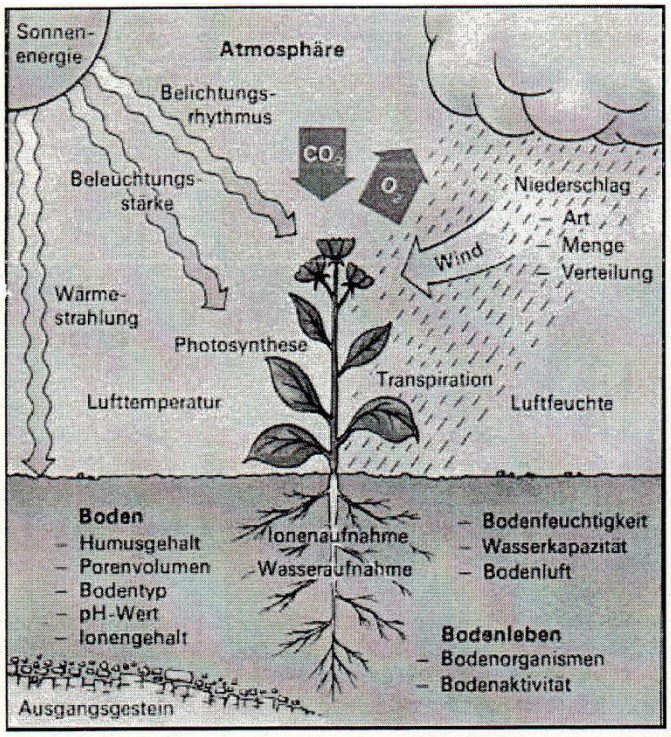
- **Biotop:**
  Räumlich begrenzter abiotischer Lebensbereich von Organismen.

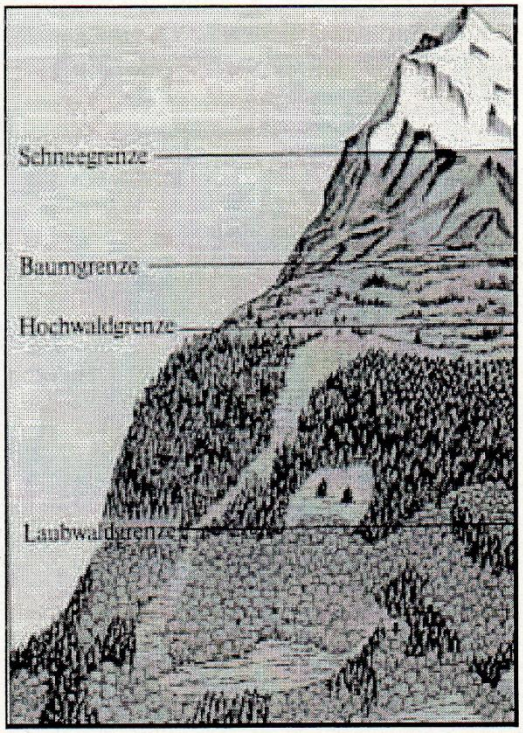
- **Biozönose:**
  Gesamtheit, der in einem Lebensraum vorhandenen Organismen.

- **Ökosystem:**
  Wird aus Biozönose und Biotop gebildet.
  - Terrestrische Ökosysteme = Tropen- / Subtropen- / Gemäßigte- & Kalte Zone
  - Limnische Ökosysteme = Süßwasser
  - Ozeanische Ökosysteme = Salzwasser

- **Biosphäre:**
  = alle Ökosysteme zusammengefasst (globales Ökosystem)

Einfluss einiger abiotischer und biotischer Umweltfaktoren auf Pflanzen





© Florian Zeller 08/09

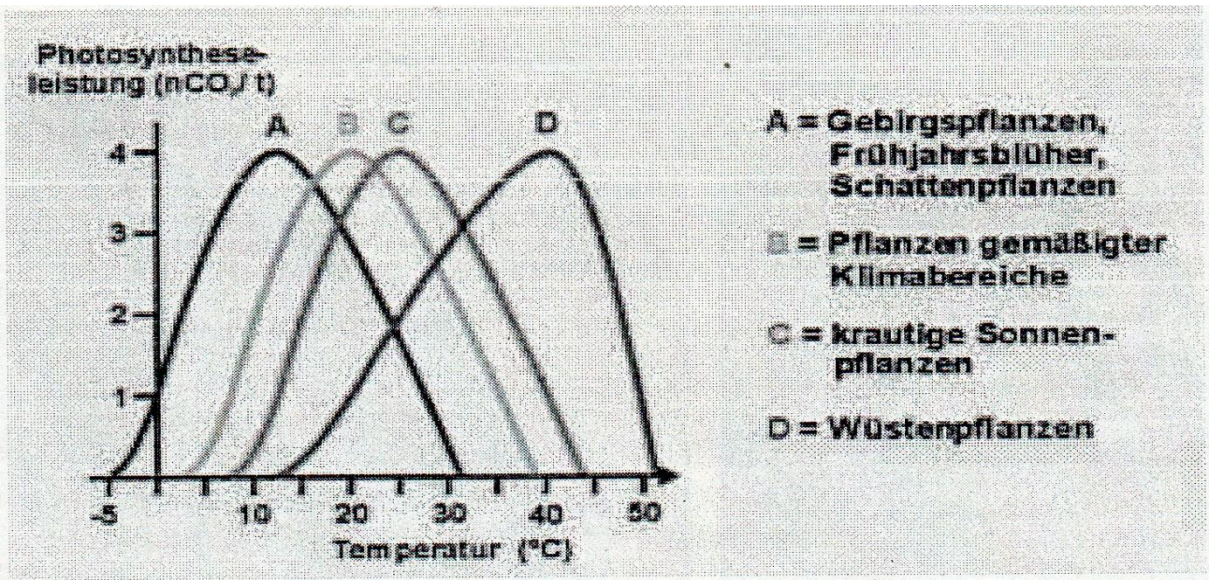
Abiotische Umweltfaktoren

Verschiedene Tier- und Pflanzenarten können nur Lebensräume besiedeln, an die sie angepasst sind.

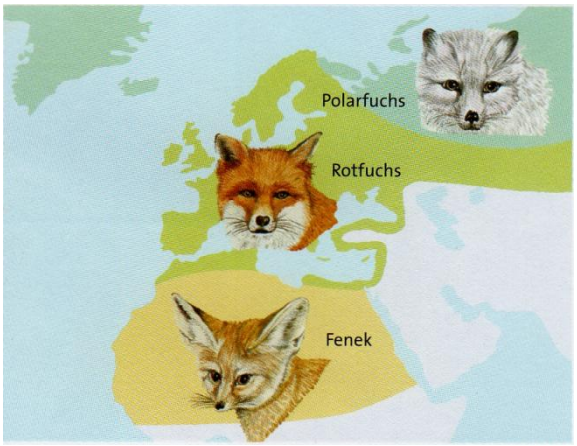
Einfluss der Temperatur auf Pflanzen:

Höhenstufen der Pflanzenwelt an Berghängen
(Laubwald, Nadelwald, Zwergsträucher, Grasmatten, Mosse und Flechten)

Beeinflussung der Photosyntheseleistung durch Temperatur
Verschiedene Pflanzen gedeihen nur in bestimmten Temperaturbereichen. Allgemein gilt, dass die Photosyntheserate mit steigender Temperatur zunimmt (RGT-Regel). Irgendwann wird ein Optimum erreicht, dann nimmt die Photosyntheserate durch die Hitzedenaturierung der Enzyme wieder ab.

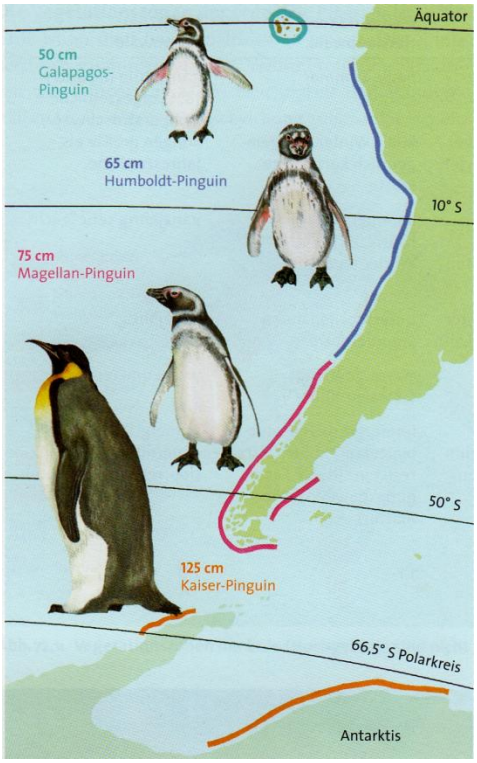


Einfluss der Temperatur auf Pflanzen:



Allensche Regel:
Polarfuchs, Rotfuchs, Wüstenfuchs (je kälter, desto kleiner die Ohren / Körperanhänge)

Exponierte Körperteile (Nasen, Ohren, Schwänze) sind bei Arten in kalten Gebieten meist kleiner ausgebildet als bei verwandten Arten wärmerer Zonen (diese Körperanhängsel) haben meist eine große Oberfläche im Verhältnis zum Volumen)

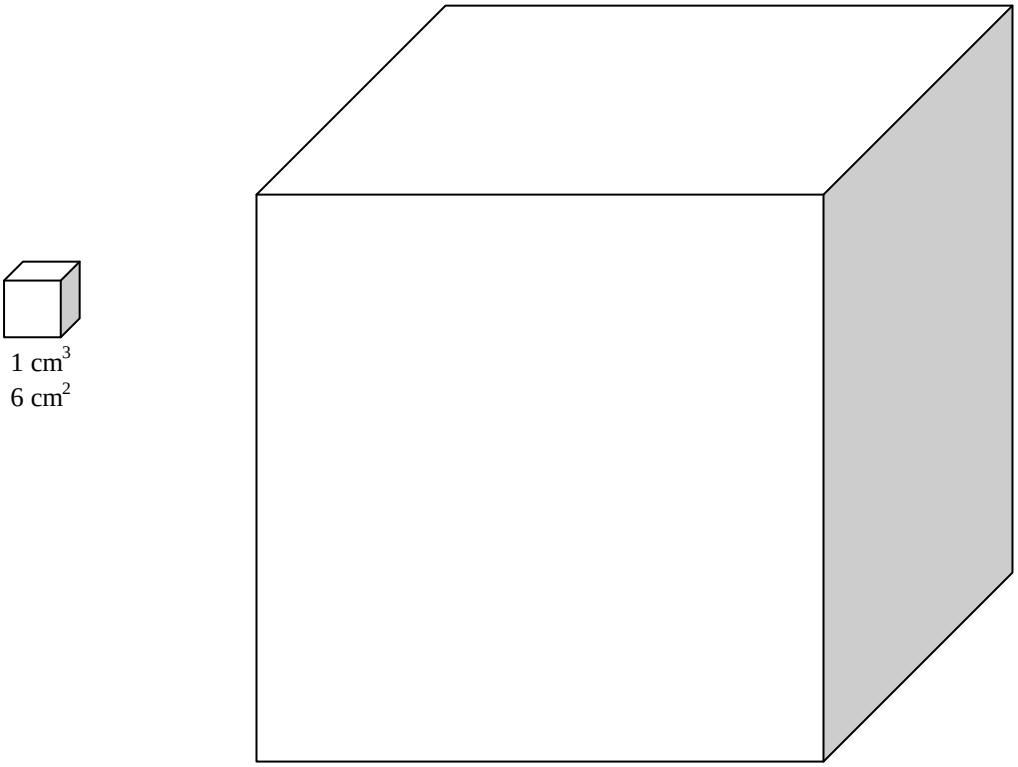


© Florian Zeller 08/09

Bergmannsche Regel:

Individuen einer gleichwarmen Art oder nahe verwandter Arten sind in kalten Regionen größer als in warmen Gegenden. (Pinguine, Tiger)

Je kälter das Klima, desto größer ist die dort lebende Art (gilt nur für gleichwarme Arten oder nah verwandte Arten und für Rassen einer Art.
Ursache: Bei Größenzunahme steigt das Volumen in der 3. Potenz, die Oberfläche aber nur im Quadrat.



1 cm^3
6 cm^2

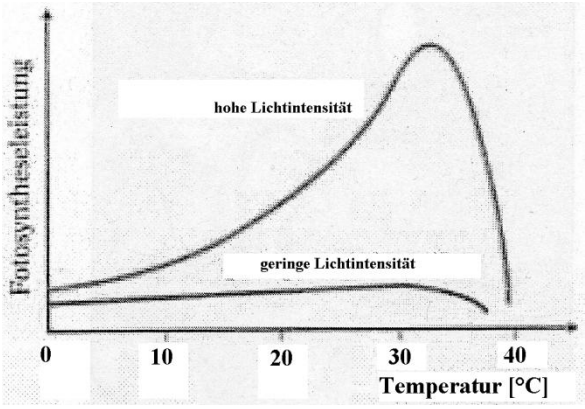
1 dm → 1000 cm^3
600 cm^2

Größere Tiere haben also einen geringeren Oberflächenanteil im Verhältnis zum Volumen als kleinere Tiere ➔ **geringere Wärmeverluste !!**

Nur **gleichwarme Tiere** (Vögel und Säuger) können im Gegensatz zu den **wechselwarmen Tieren** arktische Gebiete besiedeln.

Einfluss des Lichtes auf Pflanzen:

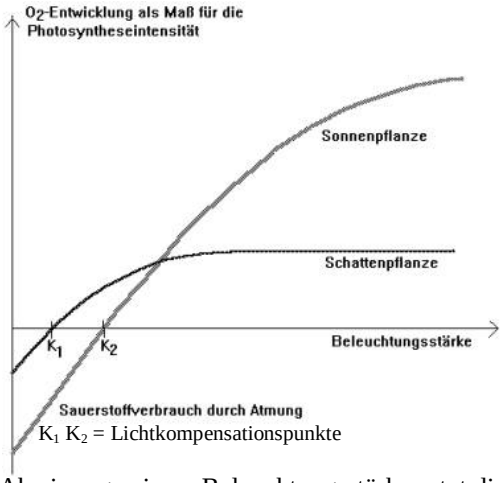
Fotosyntheseleistung bei Stark- und Schwachlicht



Die unterschiedliche Photosyntheseleistung bei Starklicht oder Schwachlicht zeigt, dass die Photosynthese aus einer **photochemischen** (lichtabhängigen aber temperaturunabhängigen) und einer **biochemischen** (temperaturabhängigen aber lichtunabhängigen) Reaktionsfolge besteht. In der photochemischen Reaktion werden Stoffe gebildet (ATP, $NADPH_2$), die in der biochemischen Reaktion verarbeitet werden. Im Starklicht liefern die photochemischen Reaktionen so viel Stoffe, dass davon ausreichend für die Sekundärprozesse zur Verfügung stehen. Die Gesamtreaktion ist dann temperaturabhängig. Im Schwachlicht wird jedoch nur wenig Substanz geliefert. Diese Menge begrenzt den Umsatz. So kann auch eine Temperaturerhöhung keine höhere Photosyntheseleistung bewirken.

© Florian Zeller 08/09

Lichtkompensationspunkt



K_1 K_2 = Lichtkompensationspunkte

Schattenpflanze
Sauerklee

Sonnenpflanze
Sonnenblume

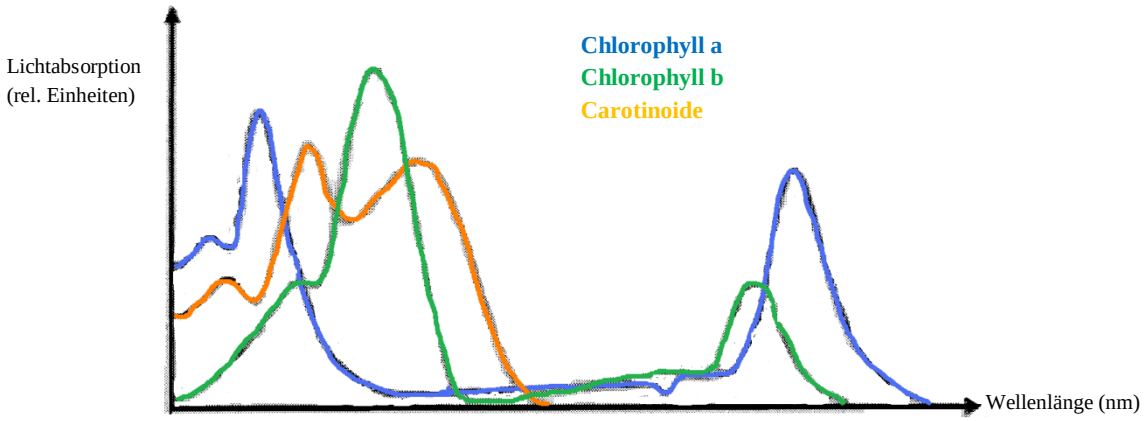
Ab einer gewissen Beleuchtungsstärke setzt die Photosynthese ein. Am **Lichtkompensationspunkt K** heben sich die **CO_2-Abgabe durch die Atmung und die CO_2-Aufnahme durch die Photosynthese gerade auf**. Darüber hinaus überwiegt die Nettoproduktion an Glucose.

Schattenpflanzen (z.B. Waldsauerklee) haben relativ große dünne Blätter und erreichen schon früh den Lichtkompensationspunkt. Sie können die Photosyntheserate bei zunehmender Beleuchtungsstärke aber nur unwesentlich steigern und vertragen starke Belichtung über einen längeren Zeitraum nicht.

Sonnenpflanzen (z.B. Sonnenblumen) weisen relativ dicke Blätter mit wenigen Spaltöffnungen auf. Sie erreichen den Lichtkompensationspunkt erst später, die Photosyntheserate nimmt aber mit zunehmender Beleuchtung stark ab.
Daneben treten auch Mischformen auf.

Einfluss der Lichtqualität auf die Photosynthese:

Das **Wirkungsspektrum** der Photosynthese ist abhängig von den Photosynthesepigmenten.



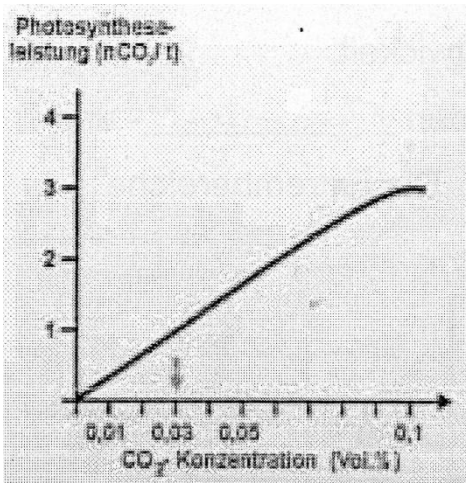
Einfluss der Belichtungsdauer auf Pflanzen:

Bei **Pflanzen** gibt es **Kurztagpflanzen**, die nur dann blühen, wenn die Belichtungsdauer unter 12 Stunden liegt (Mais, Reis, Soja, Dahlien).
Bei **Langtagpflanzen** muss die Belichtungszeit länger als 12 Stunden sein.

© Florian Zeller 08/09

Einfluss des Lichtes auf Tiere:
Auch **Tiere** werden von der Beleuchtungsdauer beeinflusst:
Der **Tag-Nacht-Wechsel** synchronisiert die innere Uhr. Der **jahreszeitliche Wechsel** der Tageslänge steuert die Produktion der Sexualhormone und löst dadurch Balzverhalten aus. Der Abflugtermin der **Zugvögel** hängt auch mit der Tageslänge zusammen.

Einfluss des CO_2-Gehalts der Luft auf die Photosyntheserate



Heckenrose

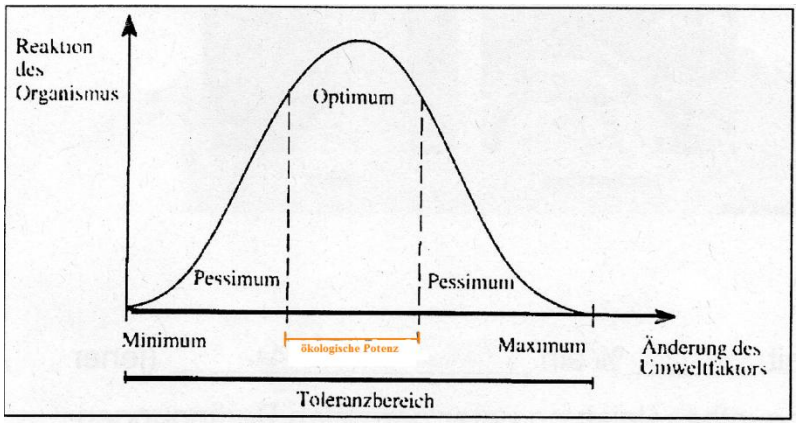
Mais

Der CO_2-Gehalt ist mit 0,03 % bis 0,05 % ein Minimumfaktor (jener Umweltfaktor der die Photosyntheseleistung unter normalen Bedingungen begrenzt).
Zusammensetzung der Luft: 78 % N_2 (Stickstoff), 20 % O_2 (Sauerstoff), 0,03 % bis 0,05 % CO_2 (Kohlendioxid), Rest Edelgase
Bei einer CO_2-Konzentration von ca. 0,1 – 0,2 % zeigen die Pflanzen optimales Wachstum.
Die Bohne stellt bei niedrigen CO_2-Konzentrationen ihr Wachstum bald ein, während der Mais geringere CO_2-Werte tolerieren kann. (Er kann CO_2 aus der Atmung chemisch speichern und für die Photosynthese nutzen.)

Anmerkung:
Die Pflanzen brauchen vom Boden **Nitrate (NO_3^-)** und **Phosphate (PO_4^{3-})** zum wachsen.

Toleranzkurven und ihre Bedeutung für Organismen

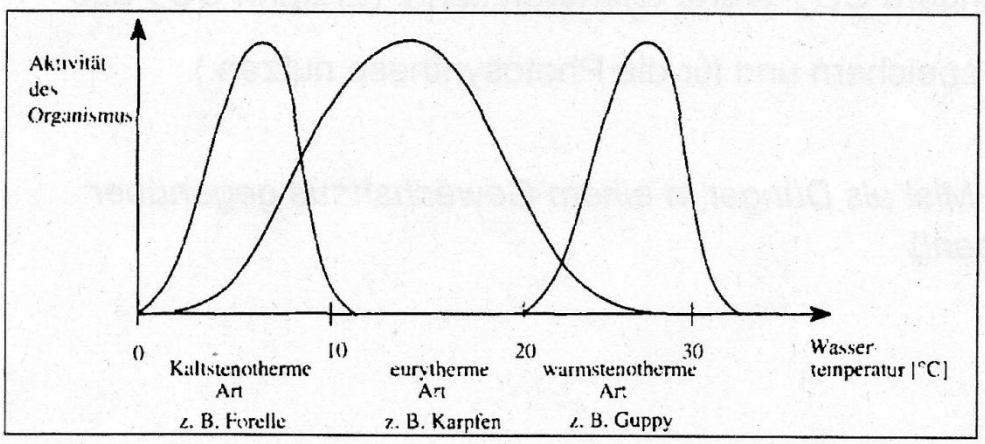
Gegenüber den einzelnen Umweltfaktoren haben die Organismen im Laufe der Evolution unterschiedliche Toleranzspektren entwickelt.
Eine Toleranzkurve weist drei wichtige Punkte auf: den **Minimum-** und **Maximumwert** und den **Optimumbereich**. Die Extrembereiche der Toleranzkurve bezeichnet man als **Pessima**.



Ökologische Potenz ist innerhalb der ökologischen Valenz (= Toleranzbereich), d.h. es ist der Bereich wo sich die Population fortpflanzt.

© Florian Zeller 08/09

Organismen, die einen großen Toleranzbereich gegenüber einem Umweltfaktor aufweisen, bezeichnet man allgemein als ***euryök***, solche mit engem Toleranzbereich als ***stenök***.
In Bezug auf die Temperaturtoleranz unterscheidet man *kaltstenotherme Arten* wie die Bachforelle (die nur in kaltem Wasser leben kann), *warmstenotherme Arten* (wie den Guppy) und *eurytherme Arten* (wie den Karpfen), der sowohl in kaltem als auch in warmen Wasser gut gedeiht.



Es gibt auch:

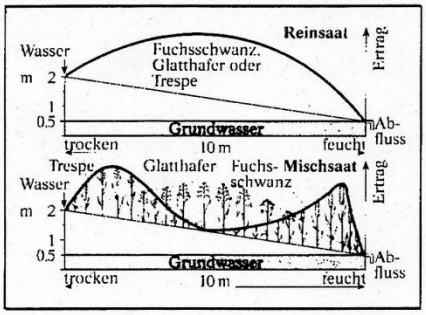
stenohalin	=	„engstirniger“ Toleranzbereich im Salzgehalt (vertragen Salzgehaltunterschiede im Wasser nicht! wie z.B. Seelilien)
euryhalin	=	weiter Toleranzbereich bezüglich der Salzkonzentration (z.B. Lachs & Aal)

Minimumfaktor

Unter der Vielzahl der verschiedenen Ökofaktoren kommt einem Faktor meist eine Art Schlüsselstellung zu, indem er das Übergewicht über die anderen Faktoren gewinnt. Da er die anderen Faktoren in ihrer Wirkung begrenzt, bezeichnet man ihn als begrenzenden (limitierenden) Faktor oder als **Minimumfaktor**.
Jede Pflanze benötigt zum Wachsen und Gedeihen eine Reihe von chemischen Elementen (u.a. Stickstoff, Phosphor, Schwefel, Kalium, Magnesium, Calcium und Eisen). Liegt eines dieser Elemente als Minimumfaktor vor (z.B. Stickstoff), dann ist auch eine Steigerung der Zufuhr der anderen Elemente nutzlos. Die Pflanze bringt, trotz zusätzlicher Versorgung mit den anderen Elementen, keinen höheren Ertrag. Da unter natürlichen Bedingungen das Element Stickstoff meist den begrenzenden Faktor darstellt, führt die Zufuhr von stickstoffhaltigen Düngemitteln zu enormen Ertragssteigerungen. Diese Erkenntnis wird in der Landwirtschaft angewendet, indem man den Nutzpflanzen stickstoffhaltigen Dünger zuführt.

Synökologisches Optimum – der Hohenheimer Grundwasserversuch

An der Technischen Hochschule Hohenheim hat man einen Versuch zum Einfluss des Grundwasserspiegels auf das Wachstum der drei Grasarten *Glatthafer, Aufrechte Trespe* und *Wiesenfuchsschwanz* durchgeführt. Dazu legte man 10 m lange Saatbeete an, in denen sich die Grundwassertiefe kontinuierlich änderte. Jede Grasart für sich wurde auf ein Beet ausgesät. Bei allen drei Reinsaaten zeigte sich, dass die Grundwassertoleranz der Gräser breit ist, wobei jede Art bei mittlerer Grundwassertiefe am besten gedieh. Die Toleranzkurven waren also identisch. In einem Parallelversuch wurde eine Mischsaat aus den drei Grasarten auf ein weiteres Beet ausgebracht. Unter diesen **Konkurrenzbedingungen** stellte sich folgende Verteilung der Arten ein: Der Glatthafer setzte sich bei mittlerer Grundwassertiefe gegenüber den beiden anderen Gräsern durch. Die Trespe war bei niedrigem und der Fuchsschwanz bei hohem Grundwasserstand den jeweils konkurrierenden Arten überlegen.



Das Ergebnis des Hohenheimer Grundwasserversuchs zeigt den Unterschied zwischen aut- und synökologischem Optimum. Das **autökologische Optimum** gibt den Vorzugsbereich einer Art für einen Umweltfaktor ohne den fördernden oder hemmenden Einfluss anderer Arten an. Es wird in der Regel experimentell an Reinkulturen ermittelt. Das **synökologische Optimum** wird dagegen unter Konkurrenzbedingungen ermittelt. Aus ihm ergibt sich das natürliche Verbreitungsgebiet einer Art. Tatsächlich ist Glatthafer ein typischer Vertreter der Fettwiese, die Aufrechte Trespe ein Gras des Trockenrasens und der Wiesenfuchsschwanz ein Gras der Feuchtwiese.

© Florian Zeller 08/09

Biotische Umweltfaktoren

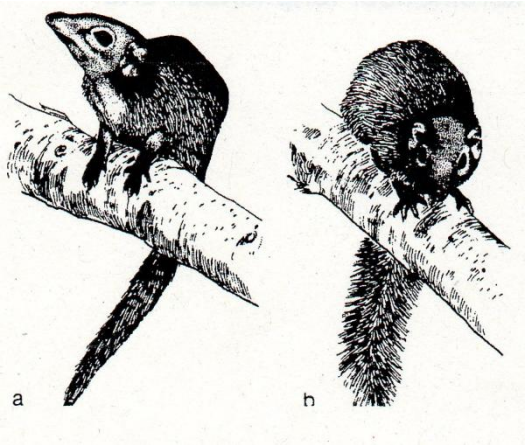
Wechselwirkung zwischen den Organismen, die in einem Biotop leben

a) Intraspezifische Beziehungen:

Formen des sozialen Zusammenlebens:
Die Angehörigen einer Art leben oft **vergesellschaftet** (Bildung von Herden, Schwärmen, Staaten und Familien). Der Vorteil solcher Gesellschaften ist z.B. Schutz vor Fressfeinden, mehr Erfolg bei der Aufzucht der Jungen, Arbeitsteilung. Artgenossen sind aber auch die schärfsten Konkurrenten, weil sie die gleichen Umweltfaktoren (Nahrung, Schlafstätten, Geschlechtspartner) beanspruchen.

Revierbildung:
Sie bilden **Reviere** um ausreichend Lebensraum für die Aufzucht der Nachkommen sicherzustellen. Bei Balzrevieren kann sich nur der Revierinhaber fortpflanzen, so dass eine Überbeanspruchung des Lebensraumes verhindert wird.

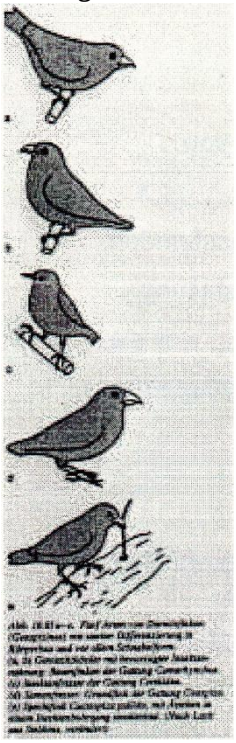
Sozialer Stress:



Ist ein Gebiet zu dicht besiedelt, tritt häufig **sozialer Stress** auf, der zur Verringerung der Vermehrungsrate führt. (Gedrängefaktor)

Beispiele:
Durch Störungen im Hormonhaushalt bedingte Unfruchtbarkeit von Weibchen oder Männchen, Auflösen von Embryonen im Mutterleib, Kannibalismus (Tötung von Jungtieren).

Ökologische Nische:



Bei hoher Bevölkerungsdichte können auch die Angehörigen einer Art größere Überlebens- und Fortpflanzungschancen erlangen, die durch eine Mutation andere Umweltfaktoren (z.B. Nahrung, Aufenthaltsorte, Aktivitätszeiten) ausnützen können.
Sie bilden eine neue ökologische Nische.

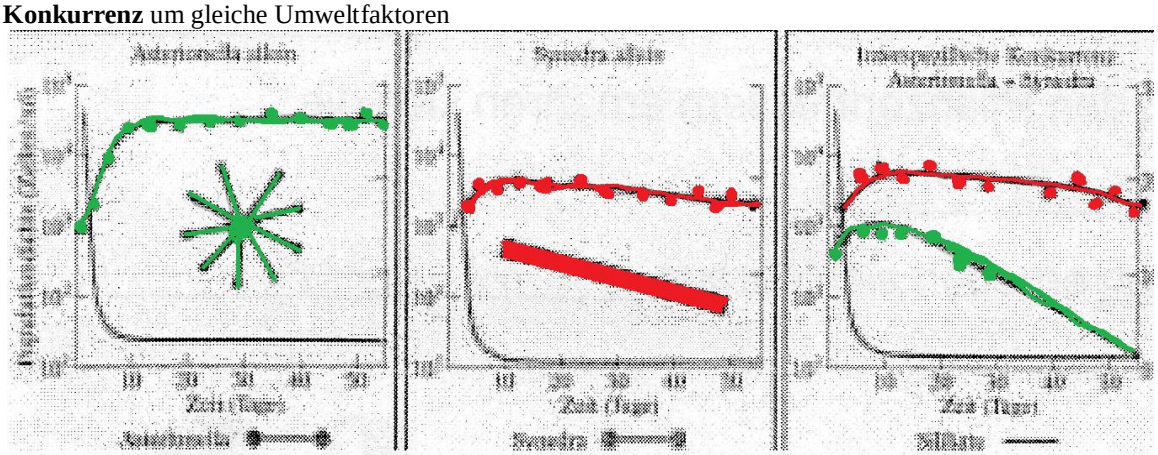
Unter einer ökologischen Nische versteht man eine ganz spezifisches Spektrum abiotischer und biotischer Faktoren, das Organismen zum Leben benötigen.

Durch unterschiedliche Einnischung können sich Angehörige einer Art so weit auseinander entwickeln, dass sie sich nicht mehr untereinander fortpflanzen und so **neue Arten** bilden.

© Florian Zeller 08/09

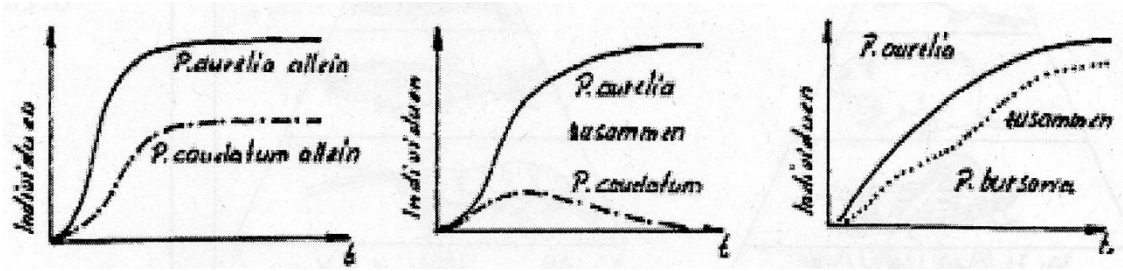
b) Interspezifische Wechselbeziehungen:

Konkurrenz um gleiche Umweltfaktoren



Kieselalgen wie Asterionella & Synedra benötigen zum Aufbau ihrer Schale Silicate. In getrennten Kulturen können beide Arten überleben. In einer gemeinsamen Kultur verdrängt Synedra die Alge Asterionella. Dieses Experiment zeigt, dass **Konkurrenzausschluss-Prinzip**.

Danach können Arten mit der gleichen ökologischen Nische in einem Ökosystem nicht nebeneinander existieren.



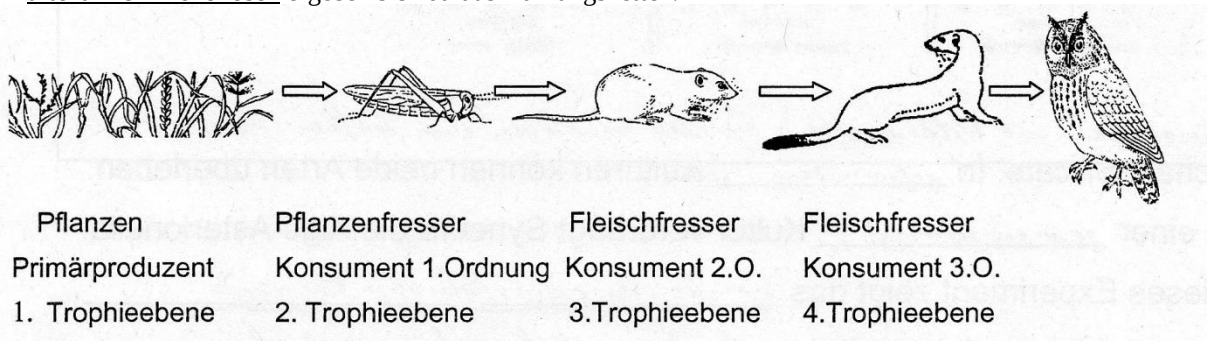
Zwei Pantoffeltierchenarten *Paramecium caudatum* und *Paramecium aurelia* vermehren sich in getrennten Kulturen, wobei sich *P. aurelia* in der Anfangsphase etwas schneller vermehrt. Beide Arten ernähren sich von Bakterien an der Wasseroberfläche. Hält man beide Arten in einer Kultur, so verdrängt *P. aurelia* die andere Art. Dagegen gedeihen die beiden Arten *P. aurelia* und *P bursaria* in einer Kultur nebeneinander, weil sich *P. bursaria* nur von Bakterien ernährt, die sich unter der Wasseroberfläche befinden.

Nahrungsbeziehungen zwischen Angehörigen verschiedener Arten

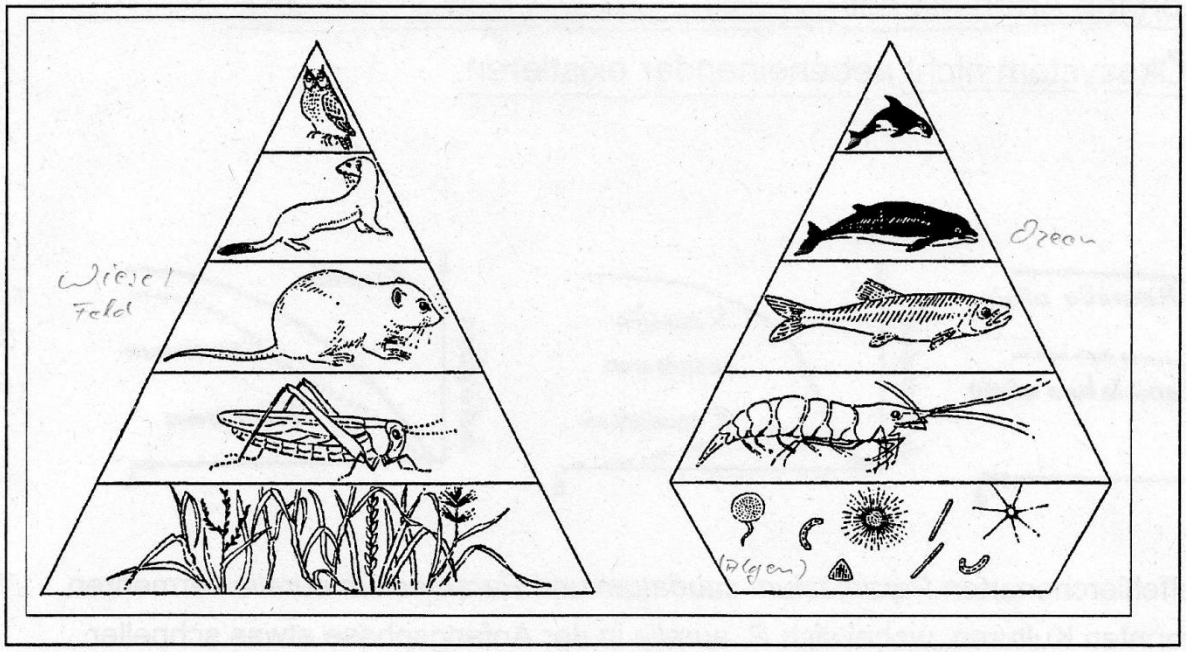
(Räuber-Beute-Verhältnis)

Die autotrophen Pflanzen dienen den Pflanzenfressern (Herbivoren) als Nahrungsquelle. Von den Pflanzenfressern ernähren sich die Fleischfresser (Carnivoren).

In artenarmen Biozönosen ergeben sich daraus Nahrungsketten.

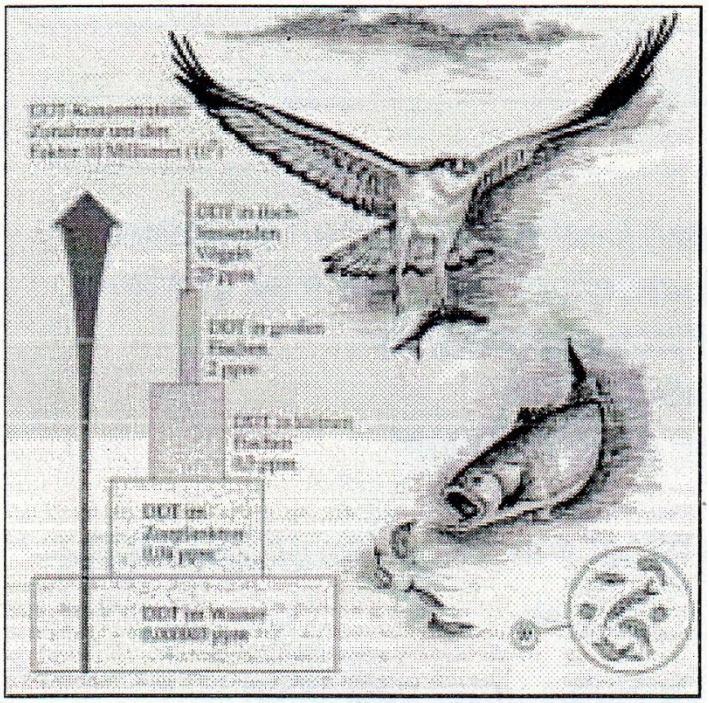


© Florian Zeller 08/09



Die Biomasse nimmt von einer Trophieebene zur nächsten Trophieebene um **ca. 90 %** ab. Dadurch ergeben sich **Nahrungspyramiden**.

Anreicherungen von Giftstoffen in der Nahrungskette:

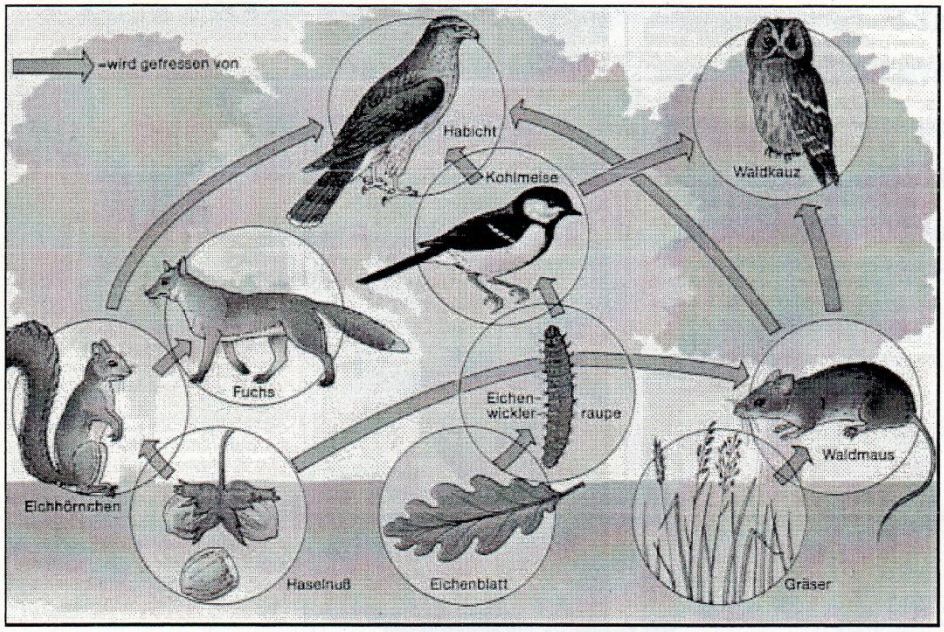


Da die Biomasse von Trophieebene zu Trophieebene um 90 % abnimmt, nimmt die Konzentration an Giftstoffen, wie z.B. halogenierte Kohlenwasserstoffe, die biologisch nur sehr schwer abbaubar sind, in der Nahrungskette zu.

© Florian Zeller 08/09

Nahrungsnetze:

In artenreicheren Ökosystemen kommt es zu zahlreichen Verknüpfungen der Organismen untereinander.



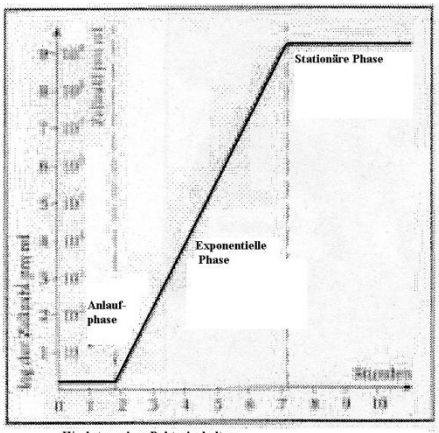
Entwicklung und Regulation von Populationen

Organismen einer Art, die zu einem bestimmten Zeitpunkt einen Lebensraum besiedeln, bilden eine **Population**. Eine Population verfügt über einen bestimmten Bestand an Genen **(Genpool)**. Für jede Population stellt sich je nach Umweltbedingungen eine gewisse Populationsdichte (Individuenzahl pro Flächeneinheit) ein.

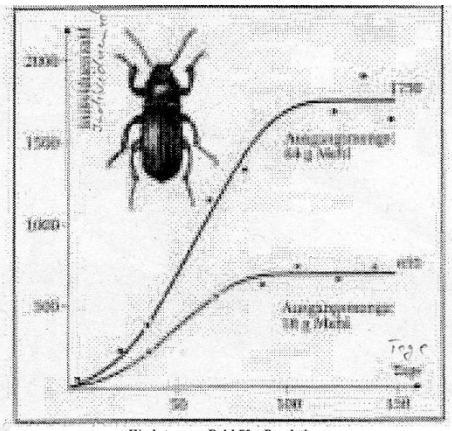
- Rothirsch: 1 Tier pro 1 km² oder 0,000001/m²
- Springschwänze: 1 Tier pro 1 cm² oder 10000/m²

Die Vermehrungsrate einer Population hängt von der **Geburtenrate** und **Sterberate** ab.

- Bei einer Neubesiedelung eines Gebietes unter optimalen Bedingungen liegt die Geburtenrate weit über der Sterberate, dadurch verläuft das Wachstum der Bevölkerung anfangs exponentiell.
  (exponentielles Wachstum)
- Mit zunehmender Populationsdichte verstärken sich die Faktoren, die das Wachstum begrenzen.
  (stationäre Phase)
- Reichern sich Umweltgifte (z.B. in Bakterienkulturen giftige Stoffwechselprodukte) oder wird die Nahrung extrem knapp sinkt die Populationsdichte ab.
  (Absterberate)



Wachstum einer Bakterienkultur


Wachstum von Reiskäfer-Population

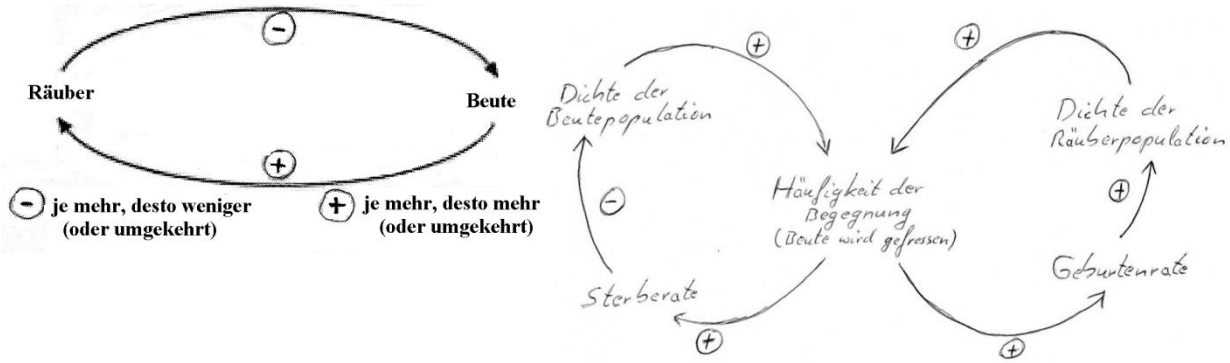
© Florian Zeller 08/09

Faktoren die das Wachstum begrenzen:

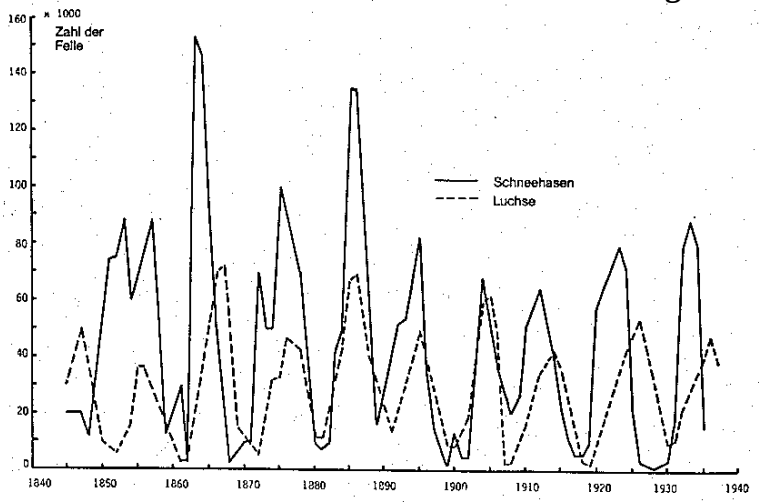
Dichteabhängige Faktoren	Dichteunabhängige Faktoren
Intraspezifische Konkurrenz: Nahrungsmenge, Beute, Gedrängefaktor (sozialer Stress), Revierbildung, Tierwanderung	*Klima:* Licht, Temperatur, Niederschläge, Wind Bodenqualität
Artspezifische Feinde: Räuber, Parasiten	
ansteckende Krankheiten	nichtansteckende Krankheiten
Umweltverschmutzung (Gifte, Hemmstoffe)	

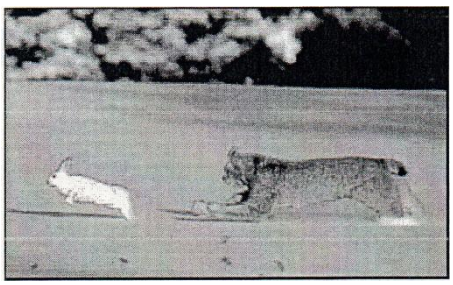
Kausaler Zusammenhang zwischen der Populationsgröße und den begrenzenden Faktoren:

Die Regulation der Populationsdichte erfolgt durch **negative Rückkoppelung**.



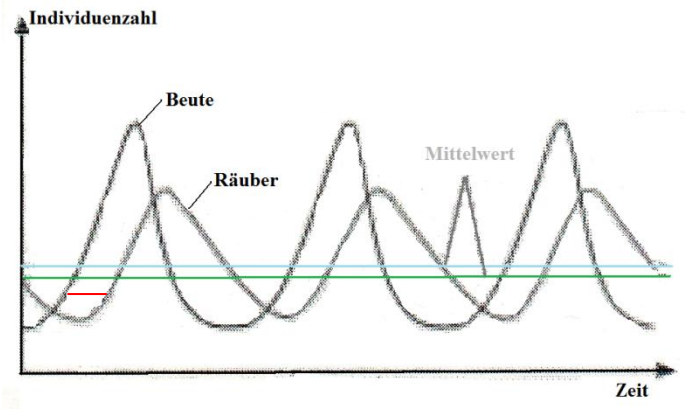
Gesetze von Volterra zu Räuber-Beute-Beziehungen:





1. Die Zahlen von Räuber und Beuteorganismen schwanken auch bei konstanten Umweltbedingungen periodisch. Dabei sind die Maxima der beiden Wachstumskurven phaenverschoben.

© Florian Zeller 08/09



Wieso Räuber weniger als Beute?

Ernährungspyramide; würden mehr Räuber als Beute vorkommen, würde die Beute aussterben und später die Räuber!

= Todzeit:
bedeutet, dass die Räuberpopulation erst nach einer Vermehrung der Beutepopulation sich vermehren kann.

2. Die Häufigkeiten von Räuber und Beute liegen langfristig bei konstanten Mittelwerten.

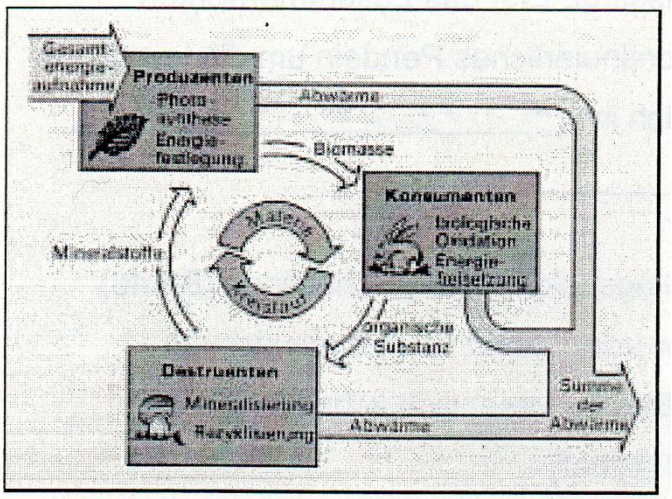
   Bei Beziehungen an denen nur zwei Arten beteiligt sind, kann es sehr leicht vorkommen, dass eine Art ausstirbt. Erst das Zusammenwirken mehrerer Arten gewährleistet ein kontinuierliches Pendeln um die jeweiligen Mittelwerte. Das System befindet sich im biologischen Gleichgewicht.

3. Nach einer proportional zu ihrer Populationsdichte gleich starken Vernichtung von Räubern und Beute, nimmt die Individuenzahl der Beute schneller zu als die der Räuber.

   Wenn bei der chemischen Schädlingsbekämpfung Schädlinge (Beute) und Nützlinge (Räuber) vernichtet werden, dann vermehren sich die Schädlinge (Beute) wesentlich schneller als die Nützlinge (Räuber).

(Diese Regeln sind für natürliche Ökosysteme aber nur begrenzt aussagekräftig, weil die Einwirkungen aller anderen biotischen und abiotischen Faktoren hier nicht berücksichtigt sind.
So schwankt die Populationsdichte der Beutetiere auch nach Entfernung des Räubers um einen Mittelwert und die meisten Räuber können auf andere Nahrung ausweichen.)

Materiekreislauf und Energiefluss



Die grünen Pflanzen bauen als **Primärproduzenten** mit Hilfe der **Lichtenergie** aus energiearmen anorganischen Substanzen (CO_2, H_2O und Mineralsalzen) energiereiche organische Substanzen auf.
Von der **Biomasse** der Primärproduzenten ernähren sich die **Konsumenten**. Sie decken daraus ihren Energiebedarf und bauen ihre eigene Biomasse auf.
Dabei werden nur ca. 10 % der in einer Trophieebene vorhandenen **Biomasse** und der darin gebundenen **Energie** an die nächste Trophieebene weitergegeben.
Ein großer Teil der Biomasse wird zur Energiegewinnung verwendet und geht als Wärme verloren, ein Teil der aufgenommenen Nahrung wird als organischer Abfall (Detritus) wieder ausgeschieden, ein weiterer Teil der Beute wird vom Räuber gar nicht erst aufgenommen und gelangt als Falllaub, Holz, tierische Leichen, Larvenhäute usw. direkt in die Detritusnahrungskette.

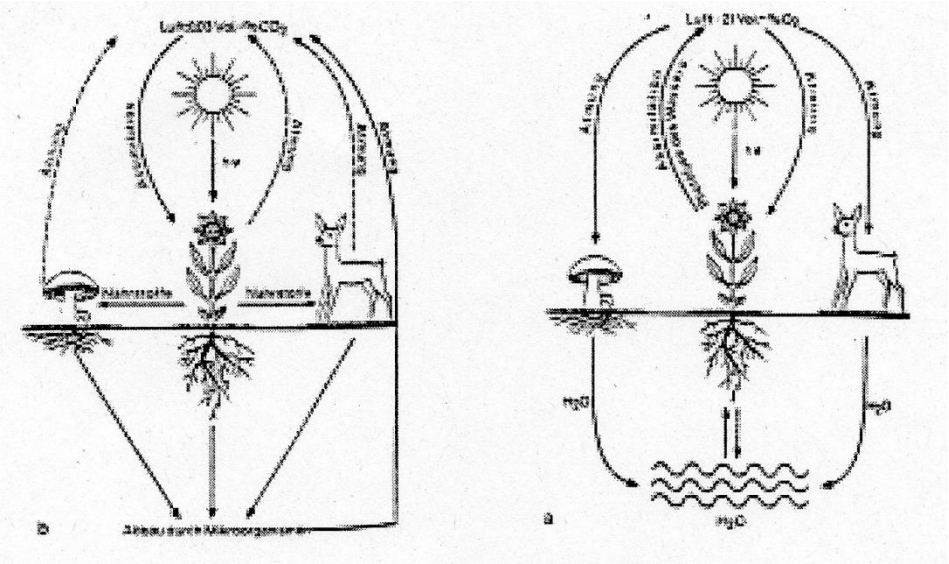
© Florian Zeller 08/09

Der organische Abfall wird von den **Destruenten** (Würmer, Käfer, Tausendfüßler, Pilze, Bakterien) abgebaut und schließlich remineralisiert, so dass die Mineralstoffe und das bei Atmung aller Organismen gebildete CO_2 von den Pflanzen wieder aufgenommen werden kann.

Materiekreislauf:

Die Primärproduzenten bilden aus Mineralstoffen, Kohlendioxid und Wasser organische Stoffe, die dann von den Konsumenten aufgenommen und von den Destruenten so umgewandelt werden, dass sie von den Primärproduzenten wieder aufgenommen werden können.

Es geht keine Materie verloren !!!



Energiefluss:

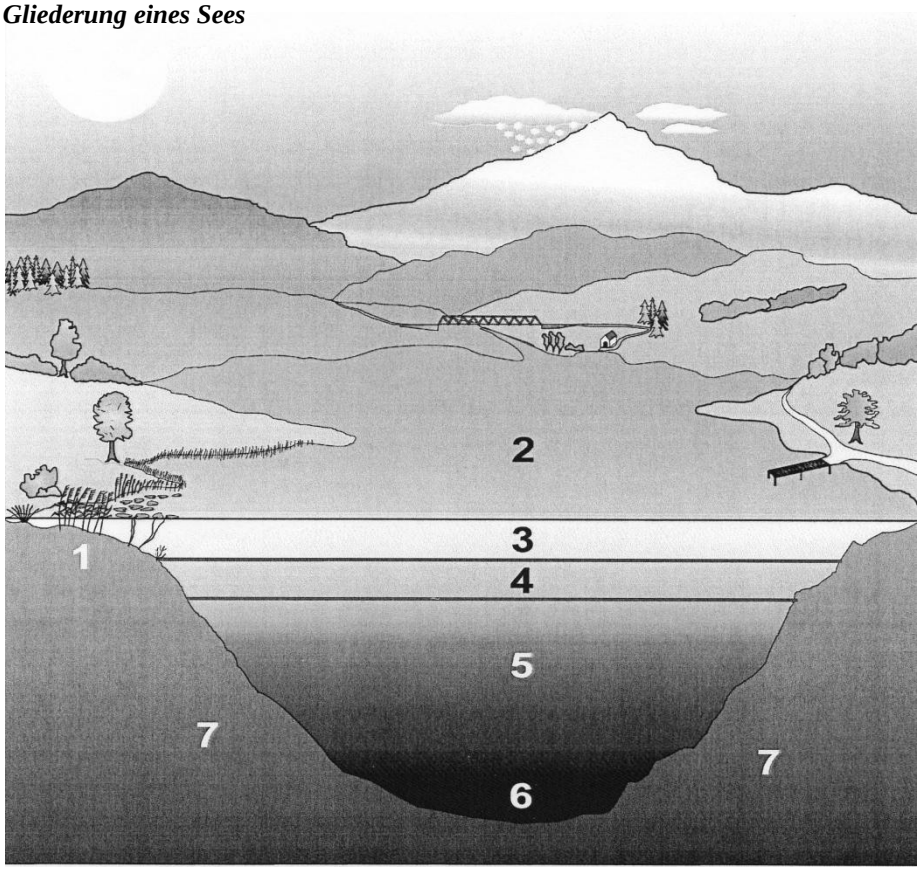
Lichtenergie wird von den Pflanzen aufgenommen, in Form von chemischer Energie gespeichert und an die Konsumenten und Destruenten weitergegeben.

Die in der Biomasse vorhandene chemische Energie wird durch den Abbau der Biomasse in Wärmeenergie, die biologisch nicht mehr verwendbar ist, umgewandelt.

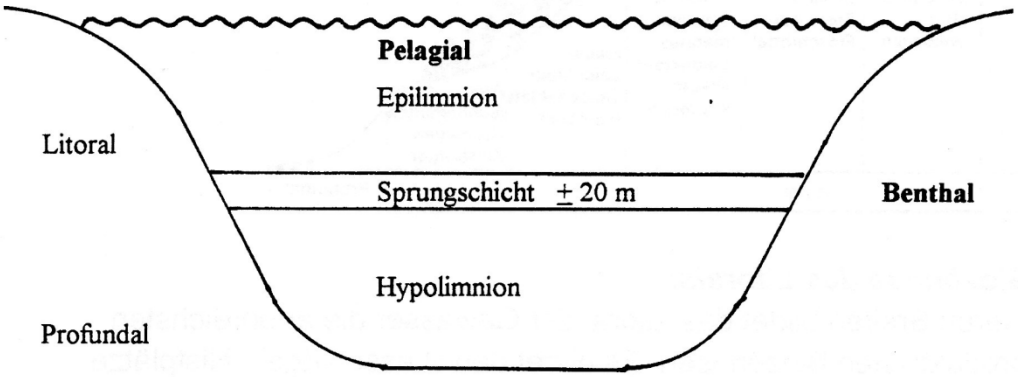
© Florian Zeller 08/09

Ökosystem See

Gliederung eines Sees



1. Uferzone **(Litoral)**
2. Freiwasserzone **(Pelagial)**
3. Oberflächenwasser **(Epilimnion)** Epi = oben
4. Sprungschicht **(Metalimnion)** Meta = Mitte
5. Tiefenwasser **(Hypolimnion)** Hypo = Tiefe/Unten
6. Tiefenbodenzone **(Profundal)**
7. Bodenzone **(Benthal)**



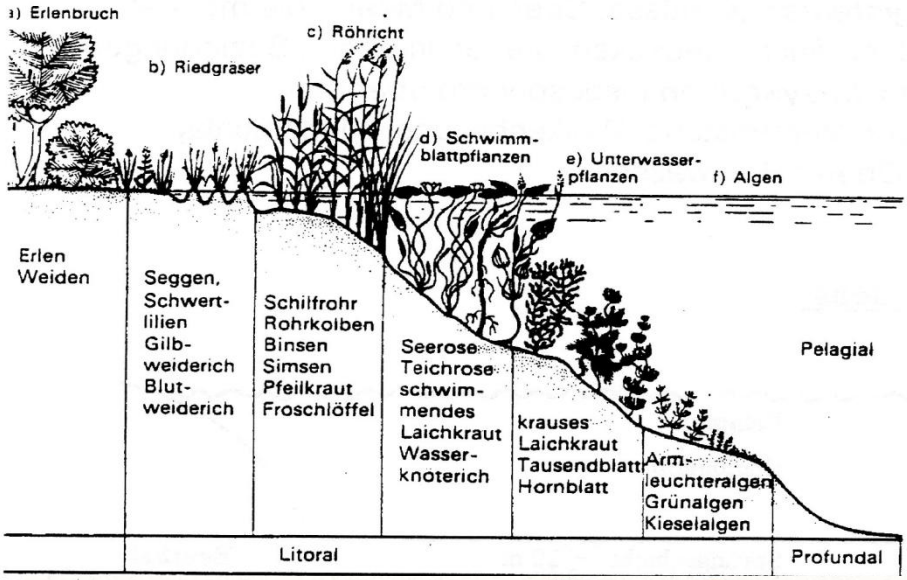
Aquatische Ökosysteme wie Flüsse, Seen und Meere, die mehr als drei Viertel der Erdoberfläche bedecken, stehen in engen Beziehungen mit **terrestrischen Ökosystemen** insbesondere über den **Wasserkreislauf** von Verdunstung, Wolkenbildung, Niederschlag, Grundwasser und Oberflächenwasser.

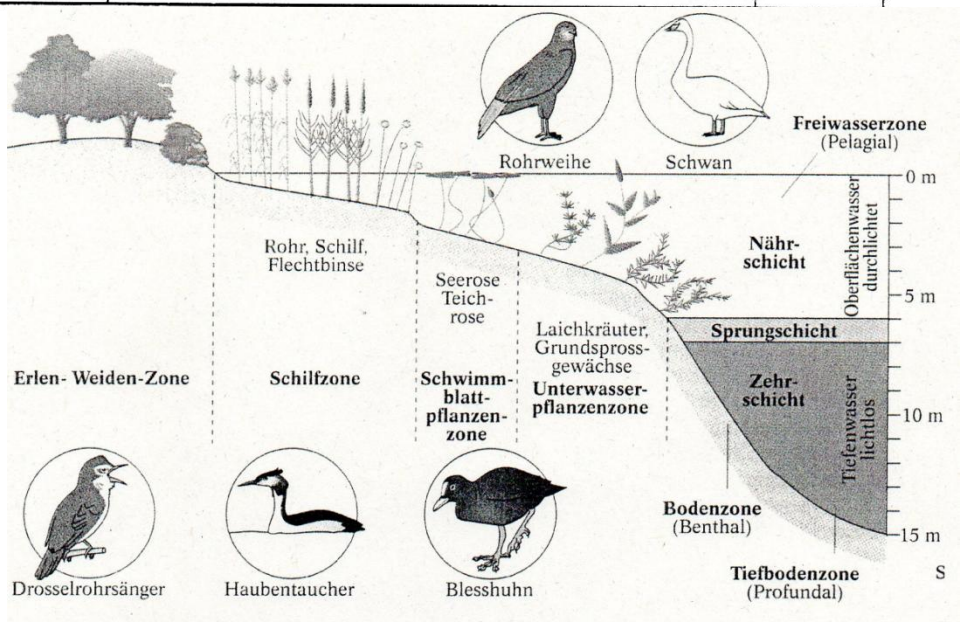
© Florian Zeller 08/09

Benthal: = Gewässerboden, gliedert sich in Litoral und Profundal
Litoral: Ufer mit Pflanzenbewuchs, Lichtdurchflutet, Produzenten und Konsumenten leben dort
Profundal: Tiefenzone, dunkel, Pflanzenlos, Destruenten (ein paar Konsumenten) leben dort

Pelagial: Freiwasserzone, gliedert sich in Epi-, Meta-, und Hypolimnion
Epilimnion: = Nährschicht = trophogene Zone, viel O_2, Lichtdurchflutet, viele Algen als Produzenten
Metalimnion: = Sprungschicht, da die Temperatur sehr schnell fällt da das Licht nicht mehr durchdringt, schon relativ wenig O_2
Hypolimnion: = Zehrschicht → O_2 Zehrung durch die Destruenten
= tropholytische Zone → Remineralisationsprozesse finden hier statt, lichtlos

Gliederung des Uferbereiches:

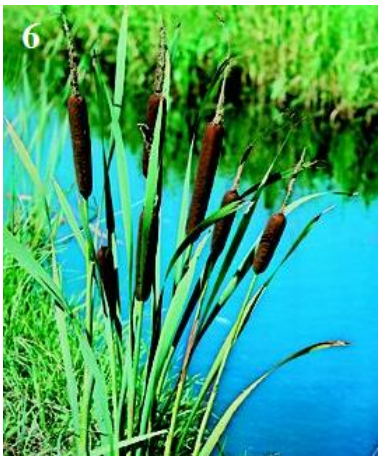


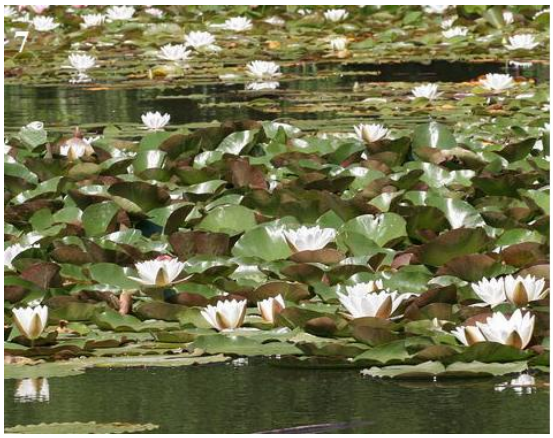


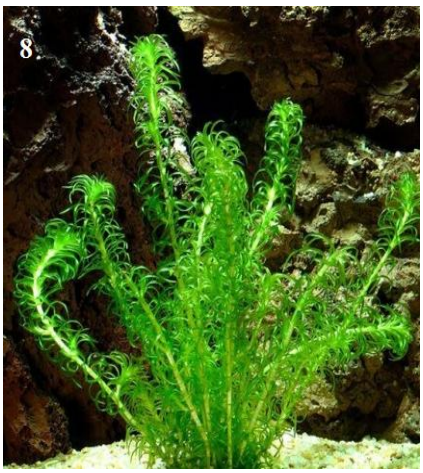
Die Biozönose des Litorals:
In unseren Breiten bildet das Litoral der Gewässer die artenreichsten und produktivsten Biozönosen. Es bietet den Wasservögeln Nistplätze und Nahrung, den Amphibien und Fischen Laichplätze. Die Pflanzen deren Wurzeln sich unter Wasser befinden, benötigen ein besonders leistungsfähiges System zur Sauerstoffversorgung. So bildet das Wurzelwerk (Rhizom) bis zu 20 m lange Ausläufer, die über ein lockeres Luftgewebe mit Sauerstoff versorgt werden.

© Florian Zeller 08/09

Litoral







1. **Nährstoffarmer See** (oligotroph) mit wenig Pflanzenbewuchs; geringes Tierleben
2. **Nährstoffreicher See** (eutroph) mit breitem Schilfgürtel und Schwimmblattpflanzen
3. **Sumpfdotterblume** (Caltha palustris) Zeigerpflanze nasser Uferbereiche
4. **Wasser-Schwertlilie** (Iris pseudacorus) im Röhricht oder Überschwemmungsbereich
5. **Schilfrohr** (Phragmites australis) größte einheimische Grasart; bis 3,5 m hoch
6. **Breitblättriger Rohrkolben** (Typha latifolia) mit Flugsamen
7. **Weiße Seerose** (Nymphea alba) mit Schwimmblättern
8. **Wasserpest** (Elodea canadensis) Pflanze der Tauchblattzone

© Florian Zeller 08/09

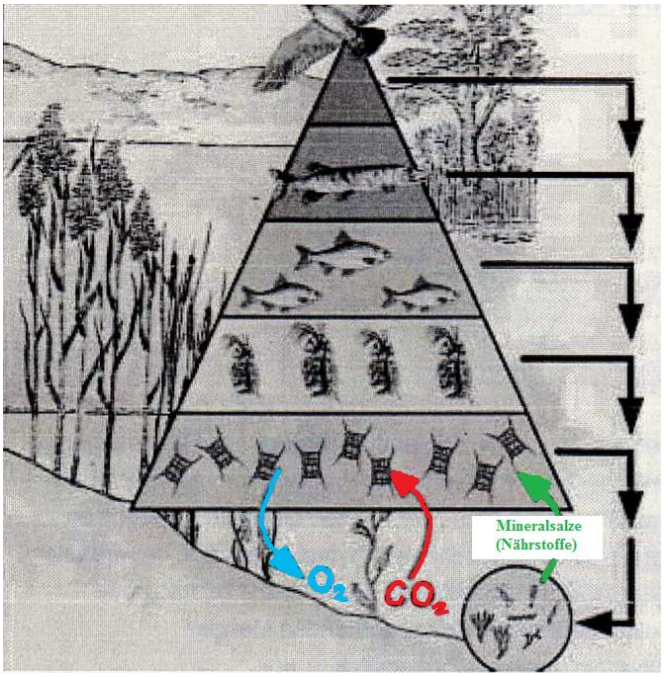
Tiere der Gewässer

1. **Graureiher** (Ardea cinerea) storchengroßer Vogel mit Schopffedern am Kopf
2. **Ringelnatter** (Natrix natrix) schwimmt und taucht, frisst Fische und Frösche
3. **Seeadler** (Haliaeetus albicilla) größter Greifvogel Europas; Flügelspannweite bis 2,4 m; Reviergröße 70 – 140 km²
4. **Fischotter** (Lutra lutra) ein Wassermarder mit großem Appetit auf Fisch
5. **Wasserfrosch** (Rana esculenta) bekannt wegen der Froschkonzerte
6. **Reiherente** (Aythýa fuligula) taucht nach Schnecken und Muscheln
7. **Rotfeder** (Scardinius erythrophthalmus) Schwarmfisch, Nahrung hauptsächlich Pflanzen, aber auch Wasserflöhe
8. **Hecht** (Esox lucius) Raubfisch mit Tarntracht und zahnbewehrten Kiefern

© Florian Zeller 08/09

Nahrungsbeziehungen im Pelagial:

Primärproduzent:	**Phytoplankton**	(pflanzliche Einzeller)
Konsument 1. Ordnung:	**Zooplankton**	(tierische Kleinlebewesen)
Konsument 2. Ordnung:	**Friedfische**	(Rotfeder, Karpfen)
Konsument 3. Ordnung:	**Raubfische**	(Forelle, Hecht)
Konsument 4. Ordnung:	**Vögel**	(Kormorane, Reiher, Seeadler)

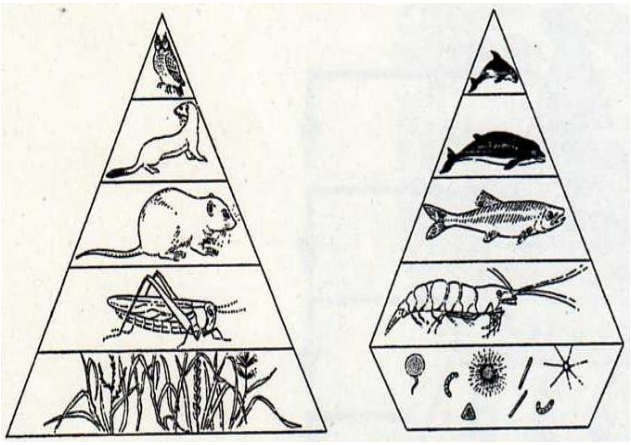


Klare, nährstoffarme Gewässer mit wenig Plankton bezeichnet man als **oligotroph**,
Mittel bestückte Seen (Tiere & Pflanzen) bezeichnet man als **mesotroph**,
Trübe und nährstoffreiche Gewässer mit viel Plankton als **eutroph**.

Materiekreislauf und Energiefluss im See:

Auch für aquatische Ökosysteme gilt die Regel, dass die Energie von Trophieebene zu Trophieebene um ca. 90 % abnimmt und dass chemische Energie letztlich in Wärmeenergie überführt wird.
Ebenso nimmt die Biomasse von Trophieebene zu Trophieebene um ca. 90 % ab. Sie wird von den Destruenten remineralisiert, und so stehen den Primärproduzenten wieder Mineralsalze und das ausgeatmete Kohlendioxid zur Verfügung.

Besonderheit aquatischer Systeme:



Vergleicht man die Biomassen von Phytoplankton und Zooplankton, so kommt man zu dem erstaunlichen Ergebnis, dass die Biomasse der Produzenten geringer ist als die der Konsumenten. Dies erklärt sich aber aus dem hohen täglichen Zuwachs an Phytoplankton, d.h., das Zooplankton nimmt sehr viel Phytoplankton auf, es wird aber laufend und sehr schnell Phytoplankton nachgebildet, so dass eine relativ große Menge an Zooplankton von einer geringeren aktuell vorhandenen Mange Phytoplankton leben kann. Über ein ganzes Jahr gemittelt, ergibt sich aber wieder eine größere Biomasse an Phytoplankton.

© Florian Zeller 08/09

Jahreszyklische Veränderungen im See

Eigenschaften des Wassers:

- Wasser besitzt seine größte Dichte bei **4°C (Dichteanomalie des Wassers)**. Sowohl wärmeres als auch kälteres Wasser sowie eis haben eine geringere Dichte.
- Wasser weist eine geringere **Wärmeleitfähigkeit** auf.

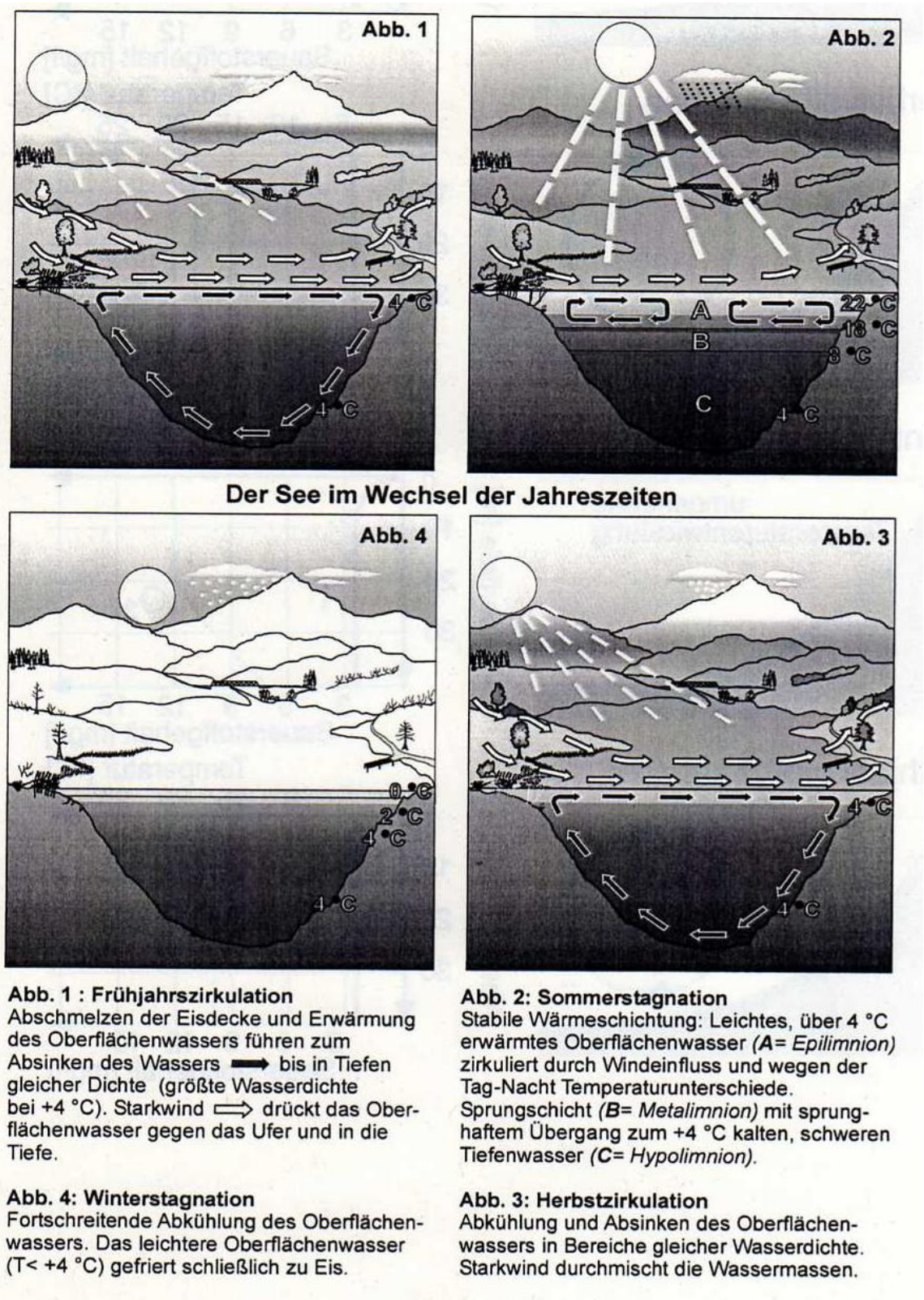


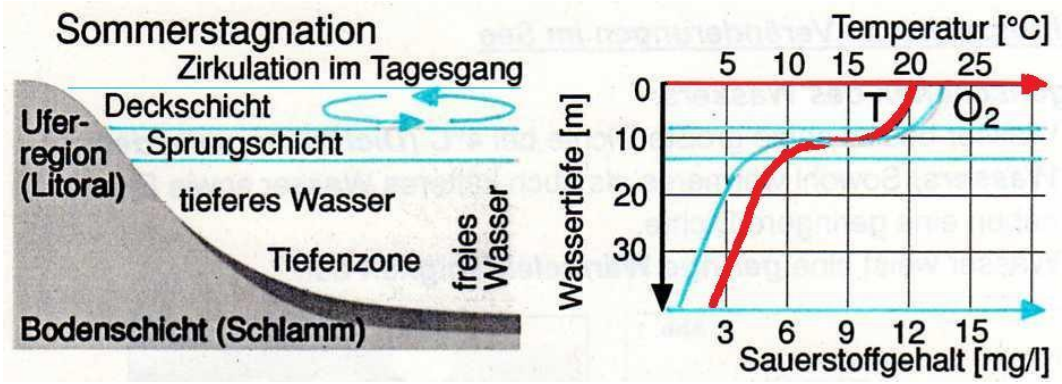
Abb. 1 : Frühjahrszirkulation
Abschmelzen der Eisdecke und Erwärmung des Oberflächenwassers führen zum Absinken des Wassers ➡ bis in Tiefen gleicher Dichte (größte Wasserdichte bei +4 °C). Starkwind ⇨ drückt das Oberflächenwasser gegen das Ufer und in die Tiefe.

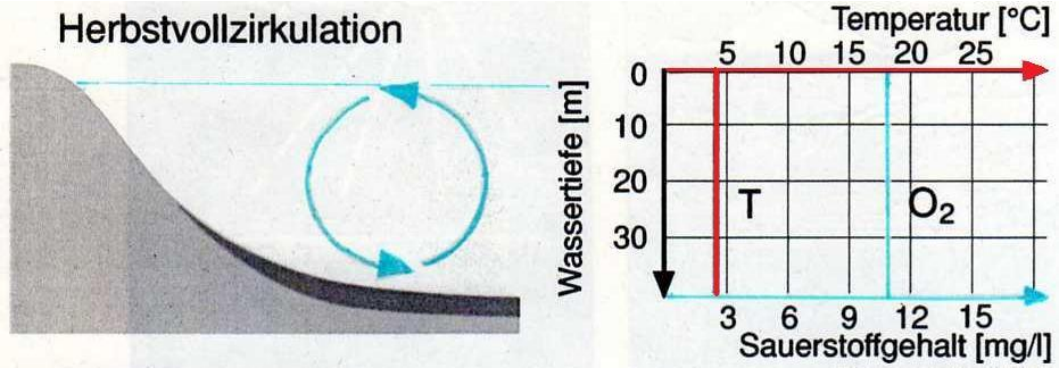
Abb. 2: Sommerstagnation
Stabile Wärmeschichtung: Leichtes, über 4 °C erwärmtes Oberflächenwasser *(**A**= Epilimnion)* zirkuliert durch Windeinfluss und wegen der Tag-Nacht Temperaturunterschiede. Sprungschicht *(**B**= Metalimnion)* mit sprunghaftem Übergang zum +4 °C kalten, schweren Tiefenwasser *(**C**= Hypolimnion)*.

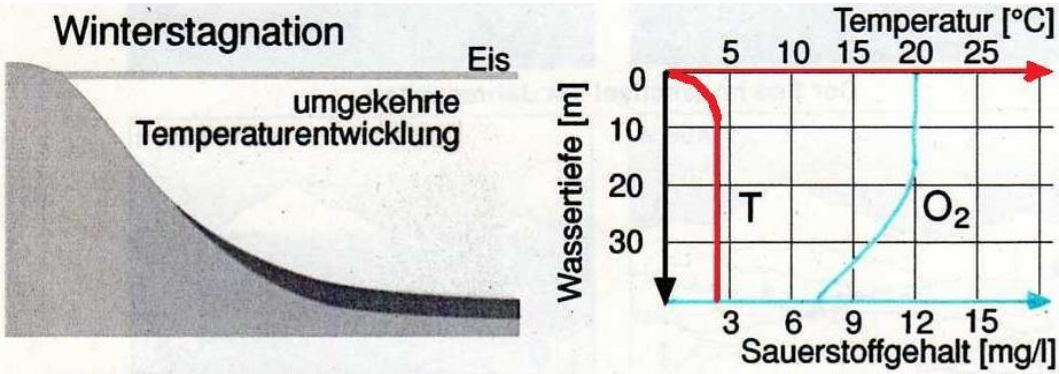
Abb. 4: Winterstagnation
Fortschreitende Abkühlung des Oberflächenwassers. Das leichtere Oberflächenwasser (T< +4 °C) gefriert schließlich zu Eis.

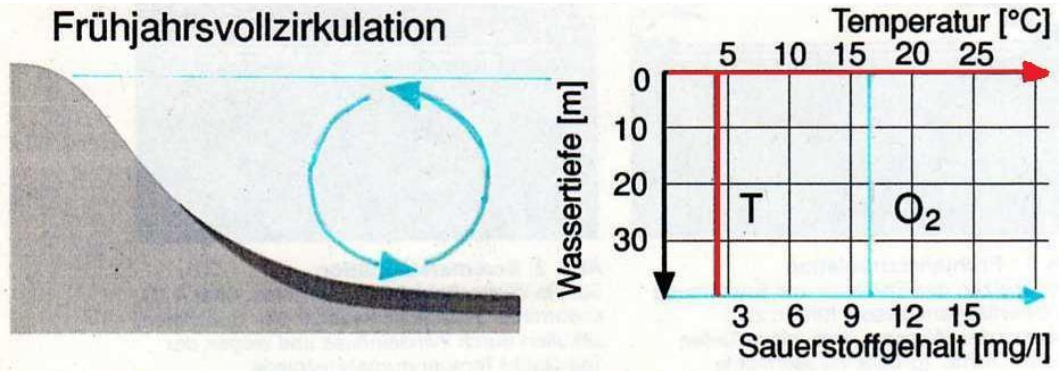
Abb. 3: Herbstzirkulation
Abkühlung und Absinken des Oberflächenwassers in Bereiche gleicher Wasserdichte. Starkwind durchmischt die Wassermassen.

© Florian Zeller 08/09



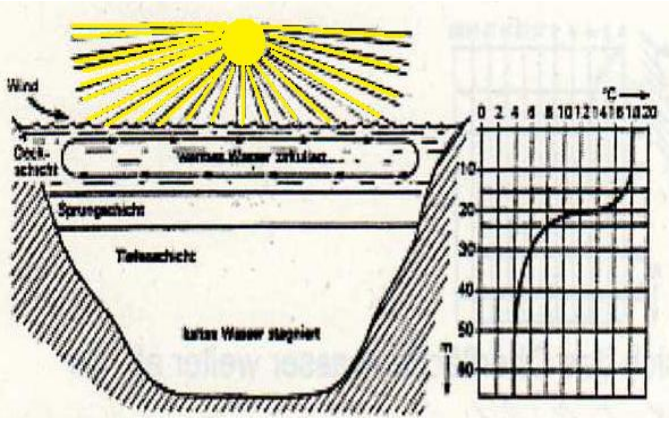






© Florian Zeller 08/09

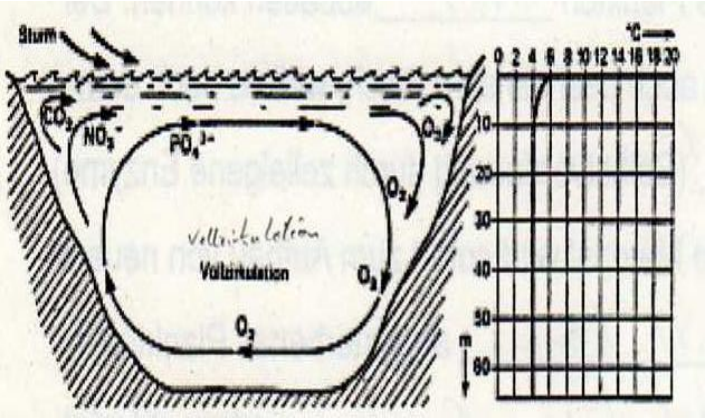
Sommerstagnation:



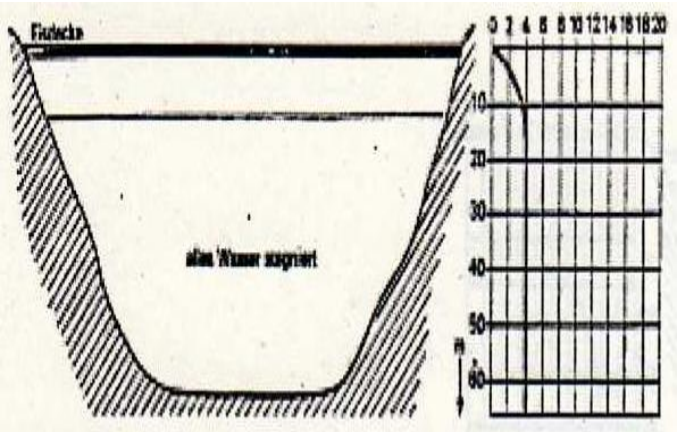
Die geringe Wasserleitfähigkeit bedingt, dass sich im Sommer nur das Wasser des Epilimnion erwärmt, das dann infolge der geringen Dichte auf dem kälteren Wassers des Hypolimnions „schwimmt“. Zwischen dem Epilimnion und dem Hypolimnion befindet sich die Sprungschicht (Metalimnion), in der die Wassertemperatur innerhalb weniger Meter drastisch absinkt. **Im Sommer findet keine Vermischung von Oberflächen- und Tiefenwasser statt**. Daher gelangt auch kein O_2 vom Epilimnion zum Hypolimnion.

Herbstzirkulation:

Im Herbst kühlt das Oberflächenwasser auf 4°C ab. Im gesamten Wasserkörper des Sees herrscht dann die gleiche Dichte. Jetzt können Herbststürme und die dadurch bedingte Wellenbildung sauerstoffreiches Oberflächenwasser und sauerstoffarmes Tiefenwasser vermischen. Gleichzeitig werden auch die Mineralstoffe und das CO_2 des Hypolimnions im ganzen See verteilt.



Winterstagnation:



Am Anfang des Winters kühlt sich das Oberflächenwasser weiter ab. Es bildet sich wieder eine stabile Schichtung zwischen dem spezifisch leichteren Oberflächenwasser und dem spezifisch schwereren Tiefenwasser. Am Seeboden findet jetzt durch den Sauerstoff aus der Herbstzirkulation die weitere Remineralisierung des Detritus statt.

Abbauvorgänge im See

Oligotropher See:

In oligotrophen Gewässern ist **Phosphat** ein **Minimumfaktor**. Dadurch wird das Wachstum des Phytoplanktons begrenzt. Im **Epilimnion** steht **genügend O_2** zur Verfügung, damit die Destruenten abgestorbenes Plankton **aerob** abbauen können. Der Abbau von Plankton erfolgt auch deshalb sehr rasch, weil es nach dem Absterben zur **Autolyse** (Selbstverdauung durch zelleigene Enzyme) kommt. Das remineralisierte Material wird sofort zum

© Florian Zeller 08/09

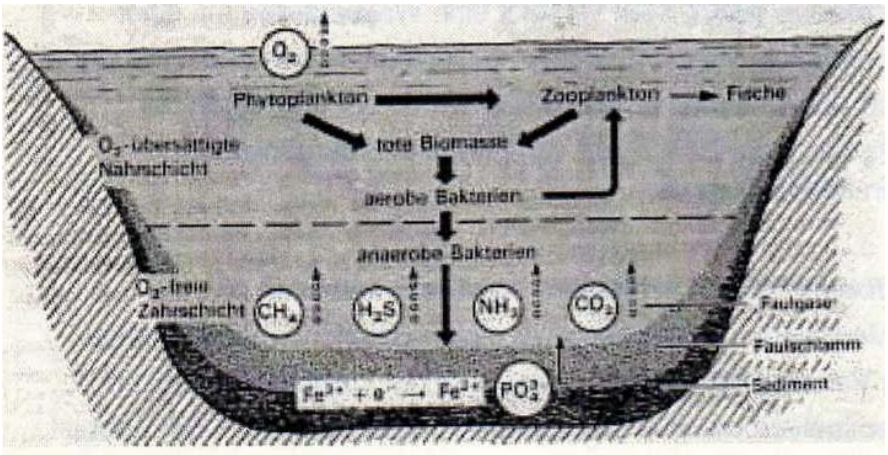
Aufbau von neuem Plankton verwendet. Es sinkt kaum abgestorbenes Plankton in das Hypolimnion, so dass dort kaum O_2 verbraucht wird.

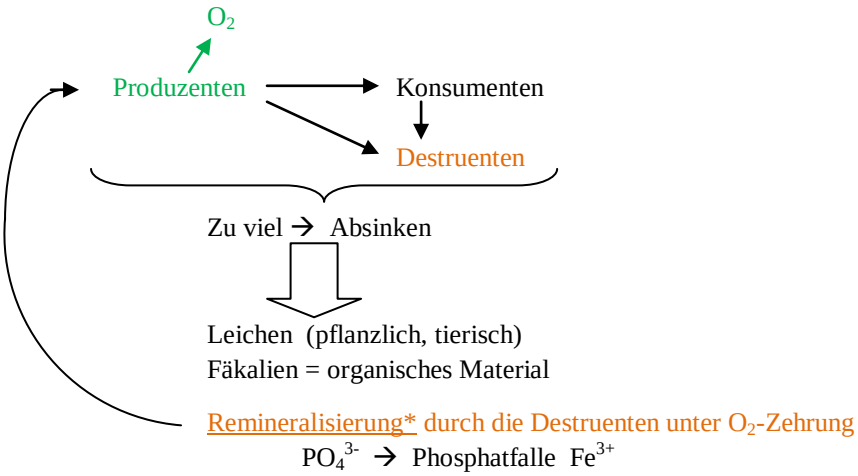
Eutropher See:

Es ist **reichlich Phosphat** vorhanden, daher wird so viel Plankton gebildet, dass es im Epilimnion nicht mehr vollständig abgebaut werden kann. Tote organische Substanz sinkt in großen Mengen zum Seebonden ab. Im **Hypolimnion** steigt der Sauerstoffverbrauch durch aerobe Destruenten an. Da im Sommer kein O_2 vom Epilimnion in das Hypolimnion gelangt, **sinkt** die **Sauerstoffkonzentration** ab. Das in den organischen Substanzen gebundene Phosphat sinkt ebenfalls in die Tiefe **(Phosphatlift)**, wird durch Fe^{3+}-Ionen gebunden **(Phosphatfalle)** und steht daher für die Neubildung von Phytoplankton nicht mehr zur Verfügung.

Polytropher See:

Wenn Gewässer **überdüngt** werden, kommt es durch den **Überschuss** an **Phosphaten** und **Nitraten** zu einer explosionsartigen Vermehrung von Plankton. Dadurch sinkt so viel organischer Abfall auf den Seeboden ab, dass die aeroben Destruenten den gesamten O_2 verbrauchen. Ohne O_2 erfolgt der Abbau des Detritus im **Hypolimnion** durch **anaerobe Destruenten**. Die Gärungsprozesse erfolgen unvollständig, so dass sich **Faulschlamm** und **Faulgase** (H_2S, NH_3 und CH_4) bilden. Der See ist **„umgekippt“**. Wenn O_2 am Seeboden fehlt, bildet sich eine **Reduktionszone** aus, in der Fe^{3+} zu Fe^{2+} reduziert wird. Fe^{2+} kann aber Phosphat nicht binden, so dass PO_4^{3-} wieder in gelöster Form vorliegt.





Im Material vorkommende Atome		Aerobier (*viel O_2)	Anaerobier (bei O_2-mangel)
C	(Kohlenstoff)	CO_2	CH_4
N	(Stickstoff)	NO_3^-	NH_3
P	(Phosphat)	PO_4^{3-}	
H_2	(Wasserstoff)	H_2O	
S	(Schwefel)	SO_4^{2-}	H_2S

Fe^{2+} kann PO_4^{3-} nicht mehr so gut binden !

© Florian Zeller 08/09

Gewässerverunreinigung

- **Haushalt:** Fäkalien, Nahrungsmittelreste, Wasch- und Spülmittel
- **Landwirtschaft:** Fäkalien, Düngemittel, Pestizide, Nahrungs- und Futtermittelreste, Wasch- und Spülmittel
- **Kommunale Abwässer:** Abwässer aus Haushalten und Gewerbebetrieben (Molkereien, Gaststätten, Brauereien, Schlachthöfen und Kleinindustrie)
- **Industrieabwässer:** Sehr unterschiedliche Zusammensetzung, oft großen Mengen anorganischer Salze, Schwermetalle (Pb, Cd, Hg, Cu)

Einwohnergleichwert:

Um vorhandene Verunreinigungen von häuslichen und kommunalen Abwässern verbleichen zu können wurde ein Standardmaß eingeführt. Man geht von 150 Litern Abwasser mit 100 g organischen Verschmutzungen pro Einwohner und Tag aus. Für den biologischen Abbau sind unter Standardbedingungen 54 g Sauerstoff notwendig. **1 Einwohner = Verschmutzung, die von 54 g O_2 abgebaut wird.**

Selbstreinigung der Gewässer:

In Seen und Fließgewässer werden organische Verunreinigungen durch die am Nahrungskreislauf beteiligten Lebewesen weitgehend aerob abgebaut. Man kann deshalb je nach Verschmutzungsgrad ganz spezifische Organismen vorfinden. Die wichtigste Rolle spielen dabei die aeroben Bakterien. Zur vollständigen Remineralisierung der Verschmutzungen ist ausreichend Sauerstoff notwendig. Deshalb ist die Selbstreinigungskraft der Fließgewässer größer als die der stehenden Gewässer.

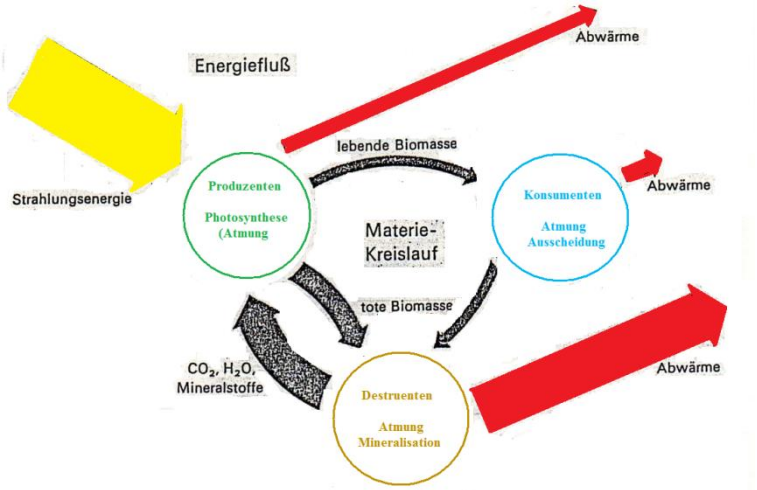
Feststellung der Abwasserbelastung:

Biologische Sauerstoffbedarf (BSB)
Man versetzt eine Wasserprobe mit einer definierten Menge Sauerstoff, lässt sie z.B. 5 Tage im Dunklen stehen und misst dann den restlichen Sauerstoff. Die Differenz an Sauerstoff wurde zur Oxydation der organischen Substanzen durch die im Wasser vorhandenen Mikroorganismen verbraucht und stellt den **BSB_5-Wert** dar.

Chemische Sauerstoffbedarf (CSB)
Industrielle Abwässer enthalten oft Verbindungen, die die Messwerte verfälschen oder biologisch nicht abbaubar sind. Man oxydiert daher alle Verunreinigungen mit einem starken Oxydationsmittel und rechnet den oxydationsmittelverbrauch in Sauerstoffverbrauch um. Der CSB-Wert ist meist höher als der BSB-Wert.

Stoffkreislauf und Energiefluss über die Destruenten

Zersetzung von totem organischem Material durch Moder-, Aas- und Kotfresser; Bodenbakterien und Pilze!



© Florian Zeller 08/09

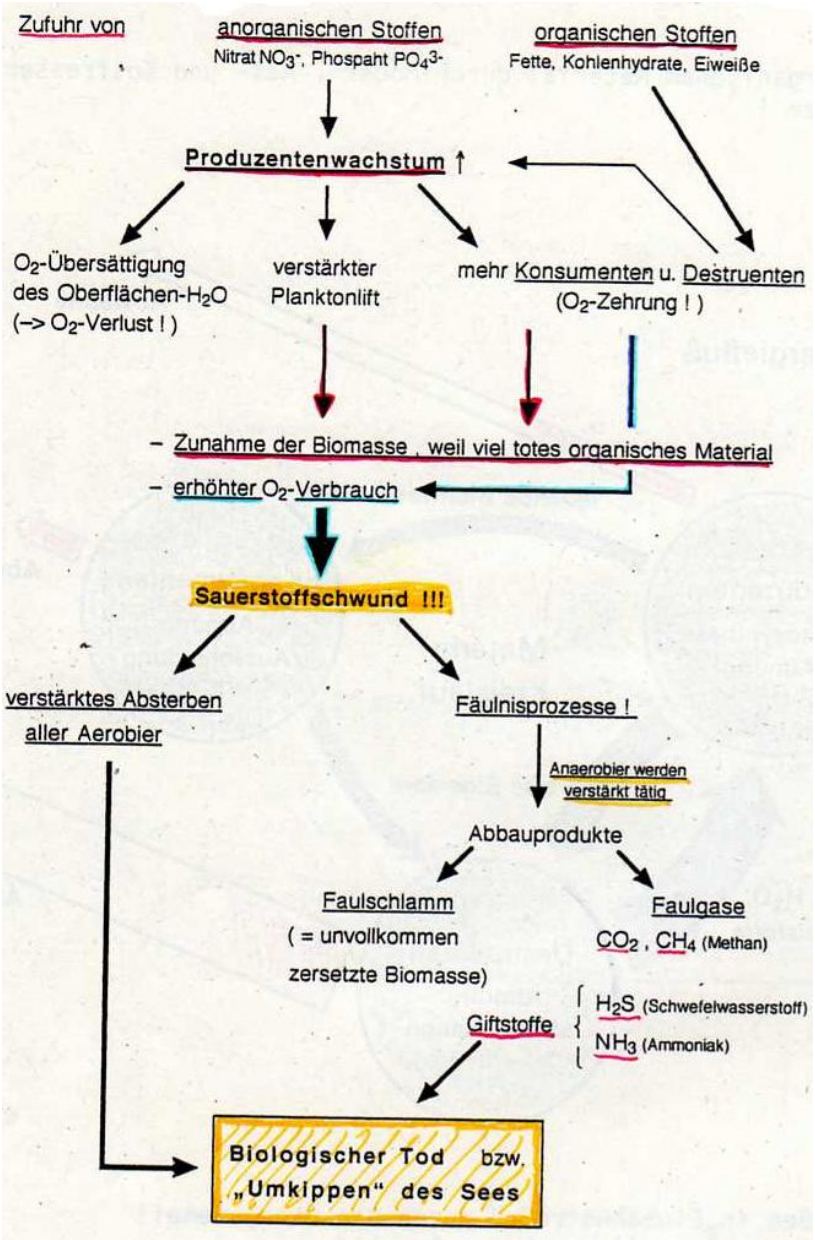
Die Energieströme fließen in **„Einbahnstraßen“** durch die Ökosysteme!! Ständiger Nachtransport von Energie durch die Sonne!!
Der Materiestrom ist dagegen ein **echter Kreislauf**, der durch die Destruenten geschlossen wird!!

Bedeutung der Destruenten : **Remineralisierung von Biomasse**

- **Tote Biomasse**, d.h. ungelöste und gelöste organische Substanz
- **Abfallstoffe** (Fäkalien) von Produzenten und Konsumenten
- Organische Stoffe aus Abwässern
  Müssen remineralisiert werden.

Bakterien der Nährschicht sowie Bakterien und Wirbellose der Zechschicht remineralisieren unter O_2-Verbrauch:

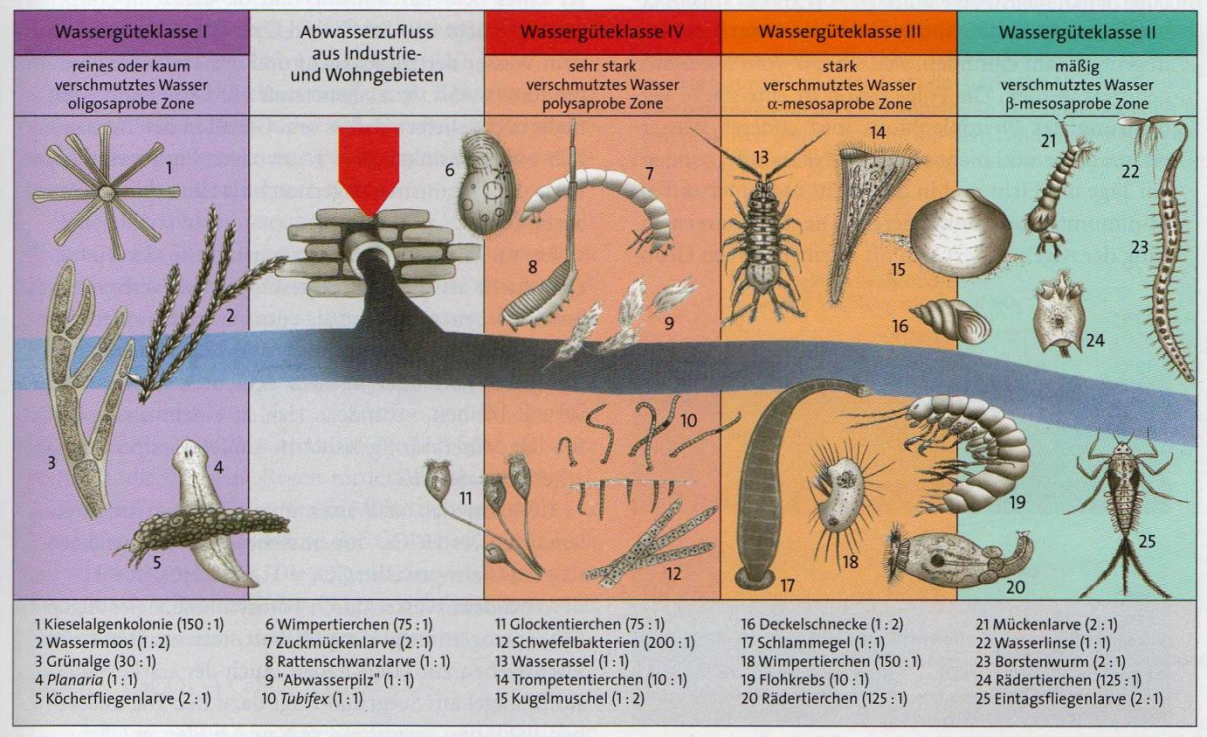
Organische Substanzen —(O_2-Verbrauch)→ CO_2 , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-}



© Florian Zeller 08/09

Das Saprobien-System als Maß für die Gewässergüte

Die natürliche Selbstreinigungskraft der Gewässer ist eine Leistung der Wasserorganismen. Je nach Verschmutzungsgrad findet man eine **charakteristische Wasserbiozänose**. Das Auftreten bestimmter **Leitorganismen** (=Stenök) dient zur Feststellung der Gewässergüte.



Auf speziellen Karten wird die Gewässergüte farbig dargestellt.

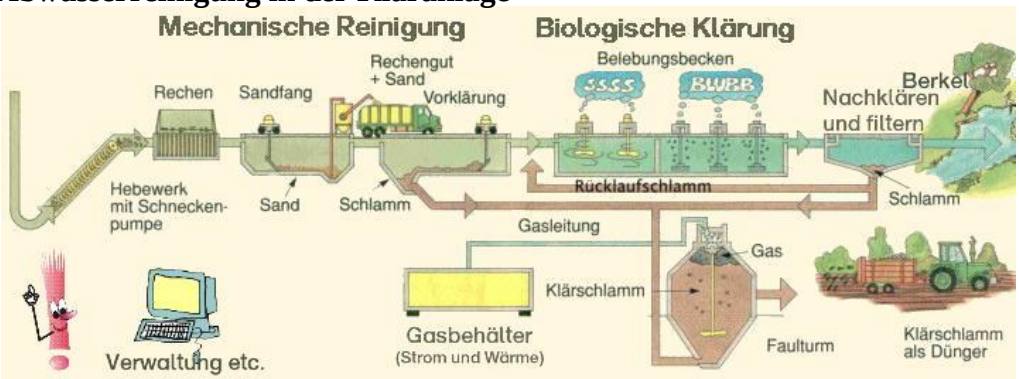
<u>Güteklassen der Fließgewässer:</u>

dunkelblau	I	unbelastet / sehr gering belastet
hellblau	I-II	gering belastet
dunkelgrün	II	mäßig belastet
hellgrün	II-III	kritisch belastet
gelb	III	stark verschmutzt
orange	III-IV	sehr stark verschmutzt
rot	V	übermäßig verschmutzt

<u>Trophiestufen der Seen:</u>

dunkelblau	oligotroph
hellblau	mesotroph
grün	eutroph
gelb	polytroph

Abwasserreinigung in der Kläranlage



Aufbau einer dreistufigen Kläranlage

© Florian Zeller 08/09

1. Mechanische Reinigungsstufe: Grobrechen, Sandfang, Vorklärbecken zur Entfernung aller unlöslichen Feststoffe.
2. Biologische Reinigung: Belebtschlammbecken für den **aeroben Abbau** der gelösten oder kolloiden organischen Substanzen durch Abwasserbakterien; Nachklärbecken zum Absetzen von Schlamm, der sich durch abgestorbene Mikroorganismen und nicht abgebaute Verunreinigungen bildet.
3. Chemische Reinigungsstufe: Zusatz von Fe-III-Salzlösung zum Ausfällen von Phosphaten, die bei der Remineralisierung freigesetzt wurden.
   Das zu 90 % - 95 % gereinigte Wasser wird dann meist in einen Fluss (Vorfluter) geleitet.

Der in den Vor- und Nachklärbecken anfallende Schlamm wird in *Faultürmen* durch **anaerobe Organismen** weiter abgebaut. Das dabei entstehende **Faulgas (Methan)** kann zur Energieversorgung er Kläranlage genutzt werden. Der Rest des Faulschlamms muss, wenn er mit **Schwermetallen** belastet ist, deportiert oder verbrannt werden. Unbelasteter Faulschlamm wird als **Dünger** verwendet.

Landwirtschaft

Vor dem Neolithikum (Jungsteinzeit 10000 – 8000 Jahre) lebte der Mensch als Jäger und Sammler. Die Bevölkerungsdichte lag bei ca. 1 – 2 Menschen pro 100 km². Die Ökosysteme wurden vom Menschen kaum beeinflusst. Im **Neolithikum** erfolgte die Einführung der **Agrikultur**. Wildgräser wurden weitergezüchtet, dies führte zum systematischen Getreideanbau und der Tierhaltung. Der Mensch wurde **sesshaft**. Durch diese **„neolithische Revolution“** kam es zur ersten Bevölkerungsexplosion (1 – 2 Menschen pro 1 km²). Der Mensch **veränderte** die natürlichen **Ökosysteme**. Das natürliche Ökosystem in Mitteleuropa war der **Laubwald**. Heute gilt es die alte bäuerliche **Kulturlandschaft** zu erhalten, bzw. wiederherzustellen. Dabei muss besonders auf die **Gesunderhaltung** der **Böden** und des **Grundwassers** geachtet werden.

Entstehung und Aufbau des Bodens:
Boden entsteht durch **Verwitterung** des **Ausgangsgesteins** und durch Anreicherung der oberen Bodenschicht mit **Humus**. Er ist ein äußerst **komplexes System** aus organischen und mineralischen, toten und lebenden, festen und flüssigen Bestandteilen.
Unter einem Quadratmeter Wiesenboden befinden sich mehr als **1 Billion** Lebewesen (Bakterien, Pilze, Algen, tierische Einzeller, Springschwänze, Milben, Käfer, Tausendfüßler, Ameisen, Asseln, Fliegenlarven, Spinnen, Regenwürmer). Die Bodenbewohner bauen **Detritus** ab und bilden **Humus**. Sie lockern den Boden auf und vermischen organische und mineralische Bestandteile miteinander.

Aufbau des Bodens:

Oberboden (Krume):
Oberste, durch Humusanreicherung meist dunkel gefärbte Schicht. In ihr befinden sich die meisten Wurzeln und Bodenorganismen.

Unterboden:
Schicht unter der Krume, durch Eisenverbindung meist braun gefärbt und noch durchwurzelt.

Untergrund:
Gestein, aus dem der Boden entstanden ist.

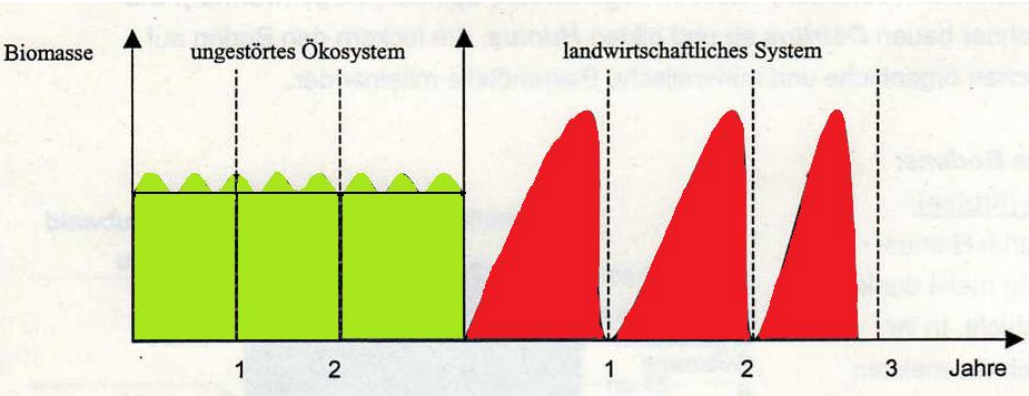
© Florian Zeller 08/09

Bedeutung des Bodens:

1. Lebensgrundlage für Mikroorganismen, die den Abbau der abgestorbenen organischen Substanzen besorgen und Mineralien in den Stoffkreislauf zurückführen,
2. bieten den Pflanzen halt und Versorgung mit Wasser und Nährstoffen, sorgt somit auch Nahrung für Tiere und Menschen,
3. besitzt eine zentrale Stellung im Wasserhaushalt der Natur:
    - Wasserspeicherung
    - Reinigung des verschmutzten Oberflächenwassers durch Filtern von Schadstoffen und Abbau organischer Substanzen.

Ökologische Problematik der Landwirtschaft

Für den Anbau von Pflanzen mussten alte, stabile Ökosysteme zerstört werden. In einem ungestörten Ökosystem bleibt die Biomasse über einen langen Zeitraum relativ konstant. Bei landwirtschaftlichen Systemen treten starke saisonelle Schwankungen der Biomasse auf.



Pflanzen entziehen dem Boden Mineralstoffe. Wenn sie abgeerntet werden, gelangen diese Stoffe nicht mehr in den Boden zurück, so dass Düngung notwendig wird. Der Mineralstoffentzug für 1000 kg Getreide beträgt 71 kg, der für 1000 kg Kartoffeln ca. 12,5 kg.

Monokulturen

Ein langjähriger wiederholter, alleiniger Anbau einer ein- oder mehrjährigen Pflanzenart auf der selben Fläche bringt kurzfristig ökonomische Vorteile, er birgt langfristig aber beträchtliche ökologische Gefahren in sich.

Beispiele für großflächig angebaute Pflanzen: Baumwolle, Weizen, Mais, Kaffee, Zuckerrohr, Zuckerrüben, Sonnenblumen, Reis, Zitrusfrüchte, Fichte, Kiefer, Tanne

Vorteile der Monokultur

- Hohe Nettoproduktion für die menschliche Ernährung
- Rationalisierung durch Beschränkung auf wenige, aber intensiv produzierte Nahrungsmittel je Betrieb
- Rationalisierung der Arbeit bei der Vorbereitung, der Aussaat, Ernte und Nachbehandlung durch Einsatz von Maschinen
- Rationalisierung durch Zusammenlegung kleiner auseinanderliegender Flächen und maschinengerechter Gestaltung er Landschaft
- Kostengünstige Produktion

Nachteile der Monokultur

- Gefährdung der Artenvielfalt gefährdet die Stabilität des biologischen Gleichgewichts
- Einseitige Belastung der Böden, da nur bestimmte Mineralien entzogen werden
- Humusbildung geht zurück, da zu wenig organische Substanzen für die Destruenten vorhanden ist

© Florian Zeller 08/09

- Wasser- & Nährstoffspeicherkapazität sinkt, wenn die Stoffkreisläufe gestört werden und der Boden durch schwere Maschinen verdichtet wird. Gefahr der Bodenerosion durch Wasser und Wind, wenn die Böden verdichtet und nach der Ernte unbewachsen sind.
- Hoher Bedarf an Mineraldünger führt zur Eutrophierung von Gewässern. Starke Vermehrung von Schädlingen, da die Monokulturen für Pflanzen fressende Insekten und Krankheitserreger (parasitische Pilze, Viren) eine unerschöpfliche Nahrungsquelle darstellen
- Vermehrung der Unkräuter, weil diese die angebotenen Lebensbedingungen oft besser nützen können
- Hoher Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmittel wir notwendig. Rückgang der Nützlinge durch die Giftwirkung der Pflanzenschutzmittel und durch den Entzug der Lebensgrundlagen in den ausgeräumten „Agrarwüsten“

Massentierhaltung gefährdet durch den hohen Anfall an Gülle das Grundwasser.

Chemische Schädlingsbekämpfung

In der Bundesrepublik gibt es ca. 1000 verschiedene Handelspräparate mit ca. 150 verschiedenen Wirkstoffen.
Weizen wird während der Wachstumsperiode 5mal mit 12 verschiedenen Mitteln behandelt.

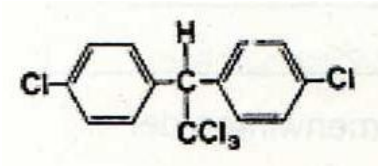
Pestizide:	***Einsatz gegen:***
Insektizide	Insekten
Fungizide	Pilze
Herbizide	Unkräuter
Molluskizide	Schnecken
Rodentizide	Nager
Nematizide	Nematodenwürmer

Wichtigste Stoffgruppen:
Chlorisierte Kohlenwasserstoffe, organische Phosphorverbindungen, organische Quecksilberverbindungen, Phenoxyessigsäuren, Harnstoffverbindungen

Entsprechend der Aufnahme in den Körper unterscheidet man:

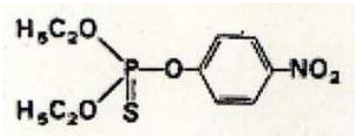
- Fraßgifte: - haften an der Pflanzenoberfläche und werden mit der Nahrung aufgenommen
- Atemgifte: - dringen in das Tracheensystem (= Atemsystem der Insekten) oder die Lunge ein
- Kontaktgifte: - dringen durch die Gelenkhäute des Chitinpanzers oder über die Haut ein
- Systemgifte: - dringen über die Wurzeln in das Pflanzengewebe ein und werden dann von Pflanzensaugern aufgenommen

Chlorierte Kohlenwasserstoffe:
Als Atem- und Fraßgift werden sie gegen Insekten, Milben und Nematoden eingesetzt. Sie sind fettlöslich und reichern sich deshalb im Fettgewebe an. Sie wirken unspezifisch und sind nur schwer abbaubar. Halbwertszeit 10 – 20 Jahre. LD_{50} (Litaldosis bei 50 % der Bevölkerung) (DDT) = 300 mg/kg (Ratte p.o.)



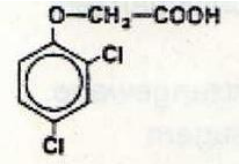
DDT (Dichloridphenyltrichloretahn)

Organische Phosphorverbindung:



E 605 (Parathion) wird vorwiegend als Systemgift eingesetzt. Es ist hochgiftig [LD_{50} = 10 mg/kg (Ratte p.o.)], wird aber rasch zersetzt (Halbwertszeit 2 – 3 Wochen).
E 605 hemmt die Cholinesterase → keine Spaltung des Acetylcholins.

Phenoxyessigsäure:
2,4-Dichlorphenoxyessigsäure wird gegen zweikeimblättrige Unkräuter eingesetzt. Es ist ein synthetisches Wachstumshormon, wodurch sich die damit behandelten Pflanzen zu Tode wachsen.



© Florian Zeller 08/09

Vor- und Nachteile des Pestizideinsatzes

Argumente für den Pestizideinsatz:

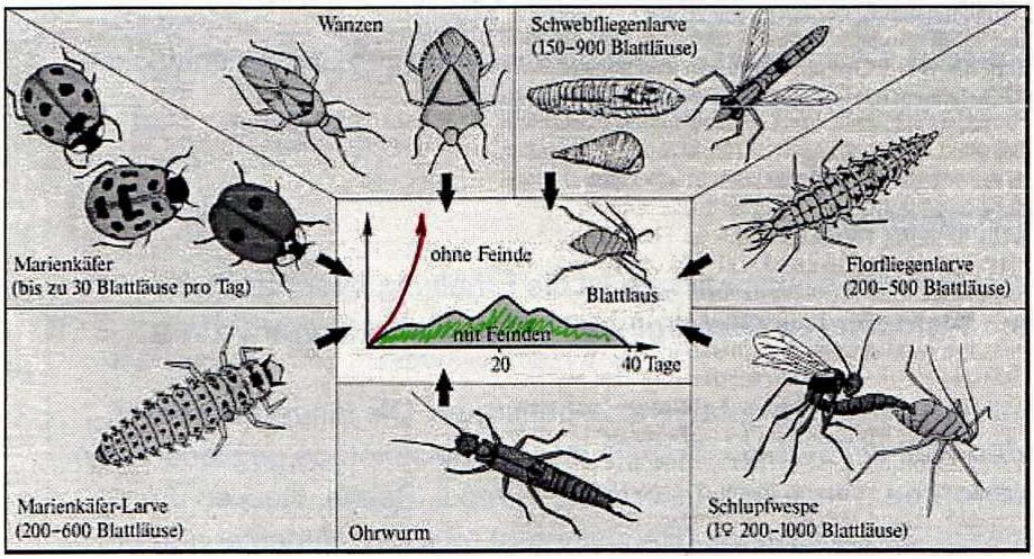
1. Pestizide wirken schnell und sicher
2. Pestizide haben Millionen von Menschen vor Malaria, Gelbfieber, Schlafkrankheit und anderen von Insekten übertragenen Krankheiten bewahrt
3. Die Lebensmittelpreise würden sich ohne Pestizideinsatz um ca. 50 % erhöhen
4. Andere Schädlingsbekämpfungsmittel liegen erst für wenige Schädlingsarten praxisreif vor

Argumente gegen den Pestizideinsatz:

1. Viele Pestizide haben eine hohe biologisch Halbwertszeit, d.h. sie werden nur **sehr langsam** abgebaut
2. Sie werden durch Wind und Wasser über das Anwendungsgebiet hinaus zum Teil weltweit verbreitet
3. Pestizide reichern sich in der Nahrungskette an
4. Manche Pestizide (chlorierte Kohlenwasserstoffe) werden im Fettgewebe gespeichert. Die Langzeitwirkung und das Zusammenwirken der verschiedenen Pestizide bzw. deren Abbauprodukte im menschlichen Körper sind weitgehend unbekannt
5. Pestizide vernichten nicht nur **Schädlinge** sondern vielfach auch die **Nützlinge**, sodass die Artenvielfalt und das biologisch Gleichgewicht gefährdet sind.
6. Pestizide vernichten auch bodenlebewesen, die für die Humusbildung, die Bodendurchlüftung und die Bodendurchmischung notwendig sind, und beeinträchtigen so die **Bodenfruchtbarkeit**. Die Wirkung der Abbauprodukte ist nicht erforscht.
7. Sie gefährden die **Trinkwasserversorgung**
8. Schädlinge werden **resistent** gegen die Pestizide

Die biologische Schädlingsbekämpfung

1. *Gezielter Einsatz der natürlichen Feinde der Schadinsekten*
   1. Bekämpfung der Blattlaus durch Nützlinge



   2. Die Eier des Maiszünslers (Schmetterling) werden durch Schlupfwespenlarven vernichtet
   3. Schlupfwespen und Marienkäfer vernichten Schildläuse
   4. Die Aussetzung von natürlichen Feinden der Schädlinge muss mit äußerster Vorsicht geschehen. (Ratten richteten in den Zuckerrohrplantagen Jamaikas großen Schaden an. 1872 führte man den Mungo ein. Nachdem die Mungos die Ratten vernichtet hatten, begannen sie Vögel und Eidechsen zu fressen, die bis dahin die Schadinsekten kurz hielten. Nach 18 Jahren war der Schaden durch die Mungos größer als der, der durch die Ratten entstanden war.)

© Florian Zeller 08/09

2. *Mikrobielle Schädlingsbekämpfung*
   1. Myxomatosevirus gegen Kaninchenplage
   2. Bakterien (z.B. Bacillus thuringiensis) gegen Schmetterlingsraupen, die Gemüse, Obst- und Fortbäume schädigen

3. *Pheromonfallen*
   Mit Sexuallockstoffen präparierte Fallen, die gegen Schmetterlingsmännchen (Apfelwickler, Nonnenfalter, Schwarmspinner) gerichtet sind

4. *Selbstvernichtungsverfahren*
   Schädlingsmännchen werden sterilisiert und wieder ausgesetzt. Erfolge gegen Schraubenwurmfliegen und Stechmücken, die Fadenwurmerkrankungen übertragen

Landschaftspflege:

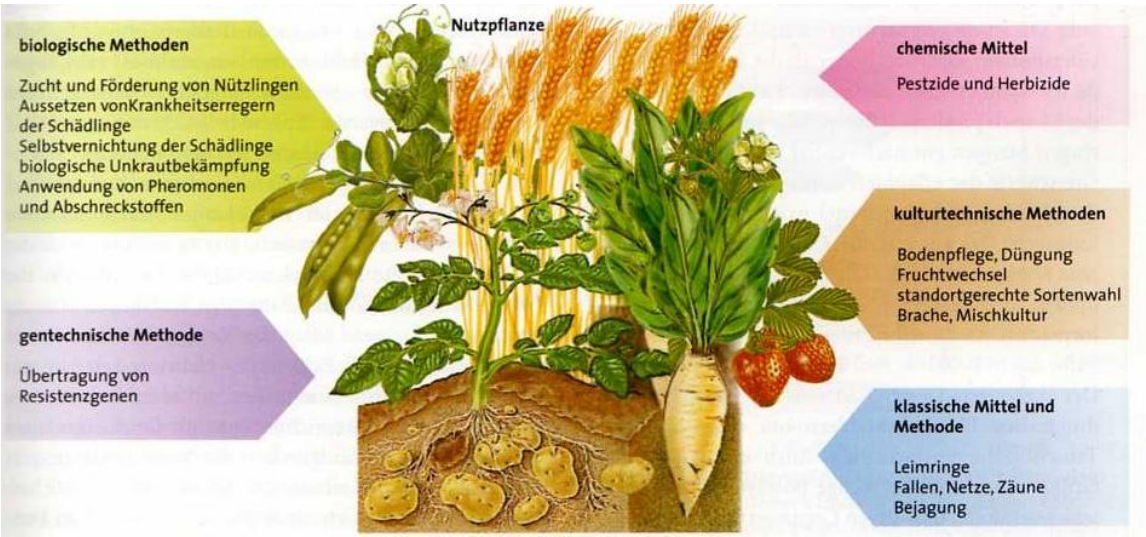
Der beste Schutz vor Schädlingen ist die Erhaltung ihrer natürlichen Feine: **„Biologisches Gleichgewicht statt Massenvermehrung“.**

Die Nützlinge brauchen genügend Lebensraum. Die landwirtschaftlich genutzten Flächen müssen deshalb durch Kleinstbiotope gegliedert sein.
Kleinstbiotope: Weg- und Ackerraine, Tümpel, Bäche, Hecken und Feldgehölze. Die Ackerraine (Randstreifen) müssen mindestens 3 – 5 m breit sein. Die Entfernung zwischen den Hecken und Feldgehölzen darf nicht mehr als 250 m betragen.

Vor- und Nachteile der Hecken und Feldgehölze:
Sie gewährleisten einen Wind-, Erosions- und Immissionsschutz. Sie bieten bis zu 30 Strauch-, 12 Baum- und über 100 Pflanzenarten der Krautschicht Lebensraum. Sie stellen den Lebensraum für über 1200 Tierarten, darunter 36 Vogel-, 20 Säuger- und 110 Schlupfwespenarten dar. Sie beanspruchen Raum, der für die landwirtschaftliche Nutzung nicht mehr zur Verfügung steht. Sie beschatten die angrenzenden Felder und behindern den Einsatz landwirtschaftlicher Großmaschinen. Durch die Flurbereinigung wurden diese Kleinstbiotope weitgehend zerstört. Rekultivierungsmaßnahmen sind deshalb nötig.

Der integrierte Pflanzenschutz

Bündel von Maßnahmen um Schädlinge einzudämmen und den Boden als Grundlage der Landwirtschaft zu erhalten.



© Florian Zeller 08/09

Prinzipien:

- Regelmäßige Überwachung der möglichen Schädlinge, bei Überschreiten einer gewissen Schadensschwelle müssen geeignete Bekämpfungsmaßnahmen ergriffen werden, wobei die biologischen Verfahren Vorrang vor den chemischen Verfahren haben.
- Keine vorbeugende chemische Behandlung
- Standortgerechte Sortenwahl
- Genaue Bodenanalyse vor der Düngung, richtiger Zeitpunkt der Düngung
- Bodenabdeckung mit Stroh, Zwischenfruchtanbau zur Konservierung der Mineralstoffe
- Stehen lassen von Unterwuchs (z.B. in Weinbergen)
- Fruchtfolgetechnik (z.B. mit Leguminosen)
- Züchtung schädlingsresistenter Sorten
- Gestaltung der Kulturlandschaft als Mosaiklandschaft zur Stärkung der Selbstregulations- und Regenerationskraft des Ökosystems. Mosaik aus Intensivnutzungsflächen (Monokulturen, Siedlungsräume, Verkehrsflächen, Industrieräume) und Regenerationsgebiete (Natur- und Landschaftsschutzgebiete, Mischwälder, Hecken, Kleingehölze, Wildwuchsflächen, Heiden, Feuchtgebiete, naturnahe Gewässer)

Eingriff des Menschen in die Atmosphäre

Die Atmosphäre ist vor allem durch die Abgabe (Emission) der folgenden Gase gefährdet:
Kohlenstoffdioxid, Methan, Fluorchlorkolenwasserstoffe (FCKW), Stickstoffoxide und Schwefeldioxid.

Der Treibhauseffekt

Ein Treibhaus bzw. Gewächshaus besteht aus Glaswänden und einem Glasdach. Für das sichtbare Licht ist normales Glas durchlässig, nicht jedoch für die langwelligere Infrarot- oder Wärmestrahlung. Treffen nun Lichtstrahlen im Inneren des Gewächshauses auf undurchsichtige Materie, so wandelt sich ein Teil von ihnen in langweilige Wärmestrahlen um. Diese werden zum Teil absorbiert, die restlichen Infrarotstrahlen können aber, im Gegensatz zum sichtbaren Licht, die Glasscheiben nicht nach außen durchdringen, sie werden wieder zurückgeworfen und der Treibhausinnenraum heizt sich auf. (Ein ähnlicher Effekt tritt in einem Auto bei Sonneneinstrahlung auf. Der Innenraum wird dabei manchmal bis zu 60 °C heiß).
Die Gase Kohlenstoffdioxid und Methan zeigen eine ähnliche Wirkung wie Glas. Sie sind ebenfalls für kurzwelliges Licht durchlässig und reflektieren die langwelligen Wärme- bzw. Infrarotstrahlen. Die Folge ist ein allmähliches Aufheizen der Atmosphäre bei zunehmendem Kohlenstoffdioxidgehalt der Luft.
Der Grund für die kontinuierliche CO_2-Zunahme ist zum einen die steigende Verbrennung von fossilen Brennstoffen (Kohle, Heizöl, Benzin) und zum anderen der Rückgang an Grünflächen, vor allem die Abholzung der tropischen Regenwälder. Dadurch geht die jährliche Kohlenstoffdioxidfixierung durch die Photosynthese zurück.
Man geht heute davon aus, dass sich bei Verdoppelung des CO_2-Gehalts der Luft von 300 ppm (Teile pro Million) auf 600 ppm, die Temperatur um 3 °C bis 5 °C erhöht. So gering dieser Betrag zu sein scheint, er hätte katastrophale Folgen für die Erde:

- Die subtropischen Wüstenregionen würden sich weltweit ausdehnen und zu den Polen hin verschieben.
- In unseren Breiten würden die Sommer heißer und trockener werden.
- Ein Teil des Eises an den Polkappen würde schmelzen und den Meeresspiegel um etwa 1 m steigen lassen.
- Ein beträchtlicher Teil der Landfläche von Küstenstaaten wie Bangladesch oder Java würde verschwinden.
- Verheerende Auswirkungen auf die Landwirtschaft und die Nahrungsproduktion wären die Folgen.
- Die Wasserversorgung in vielen Gebieten der Erde würde sich verschlechtern.
- Wahrscheinlich würden aufgrund der angegebenen Folgen große Völkerwanderungen auf der Erde einsetzen.

© Florian Zeller 08/09

Mögliche Gegenmaßnahmen wären:

- Energieeinsparung durch Senkung des Benzin-, Kohle- und Heizölverbrauchs
- Steigerung des Erdgasanteils (Methan) als Energielieferant, da bei der Verbrennung von Erdgas, auf denselben Heizwert bezogen, weniger Kohlenstoffdioxid frei wird
- Stärkere Nutzung regenerierbarer Energien wie Solar- oder Windenergie
- Verminderung der Methanerzeugung im Pansen der Wiederkäuer durch Reduzierung des Rinderbestandes
- Reduzierung des persönlichen Energiebedarfs durch Einsparungen (Wärmedämmung in Häusern, Austausch alter Heizkessel und bewussteres persönliches Verhalten (z.B. Absenken der Zimmertemperatur im Winter um 1 – 2 °C
- Senkung des Strombedarfs in den Haushalten (ein Großteil des Stroms wird durch Verbrennen von Kohle und Heizöl erzeugt!) durch Verzicht auf elektrische Wäschetrockner, Einsatz von Energiesparlampen u. ä.

Abbau der Ozonschicht

Die oberste Schicht der Atmosphäre in 20 bis 40 km Höhe, die Ozonschicht, absorbiert kurzwelliges Licht und schützt somit die Lebewesen auf der Erde vor der lebensgefährlichen UV-Strahlung. Sie besteht aus O_3-Molekülen. Diese Ozonmoleküle bilden sich aus der Reaktion eines Sauerstoffmoleküls (O_2) mit einem Sauerstoffatom (O). Die Sauerstoffatome wiederum entstehen durch Einwirkung von UV-Licht auf Sauerstoffmoleküle, die dabei gespalten werden.
Durch Messung wurde festgestellt, das die Ozonschicht seit etwa 30 Jahren vor allem über den Polkappen der Erde abnimmt (Ozonloch). Verantwortlich dafür sind vor allem Fluor-Chlor-Kohlen-Wasserstoffe (FCKW), die bis vor kurzem als Treibgas in Spraydosen verwendet wurden und heute noch bei der Herstellung von Kühlschränken (als Kühlmittel und zum Aufschäumen von Wärme- bzw. Kälteisoliermaterial) eine wichtige Rolle spielen. Erst nach ca. 20 Jahren erreichen die als Treibgas oder beim Entsorgen von Isoliermaterial freiwerdende FCKW-Moleküle die obere Stratosphäre. Dort erden, unter Einfluss des Lichts und der UV-Strahlung, Chlorradikale von den FCKW-Molekülen abgespalten. Diese sind sehr reaktionsfreudig, sie entreißen dem O_3-Molekül ein Sauerstoffatom und bilden CIO (Chlormonoxid), es bleiben O_2-Moleküle zurück. Da die Chlorradikale immer wieder aus dem gebildeten Chlormonoxid (Molekülradikal) entstehen und sich dieser Reaktionszyklus häufig wiederholt, kann ein einziges FCKW-Molekül mehr als 1000 Ozonmoleküle zerstören.

Mögliche Auswirkungen des Ozonlochs, das sich vor allem über den Polen und über den Ländern der südlichen Halbkugel (wie z.B. Australien) ausdehnt, sind:

- Erhöhtes Krebsrisiko, vor allem für Hautkrebs
- Steigerung der Mutationsrate: UV-Strahlen gehören zu den mutagenen Strahlen
- Beeinträchtigung der Beweglichkeit und Orientierung von Planktonorganismen; eine höhere Dosis kann zum Absterben des Planktons führen mit katastrophalen Auswirkungen auf die Nahrungsnetze
- Die Reduzierung des Phytoplanktons trägt zur Steigerung des CO_2-Gehalts der Luft bei, da weniger Kohlenstoffdioxid durch die Photosynthese gebunden werden kann.

Mögliche Gegenmaßnahmen sind:

- Sofortiges weltweites Verbot jeglicher FCKW-Produktion (z.Z. gilt die Richtlinie, dass bis 1999 die Produktion weltweit auf 50 % des Standes von 1986 reduziert werden soll). Die BRD spielt hier eine Vorreiterrolle, da sie wesentlich strengere Bestimmungen (95% Reduktion bis 1995) hat. Inzwischen wurden auch die Halone (Feuerlöschmittel aus brombierten Kohlenwasserstoffen) in der BRD verboten
- Beim Kauf von Kühlschränken auf FCKW-freie Produktion achten

Smogbildung und Bildung von saurem Regen

Smog ist ein künstliches Wortgebilde aus den englischen Bezeichnungen für „smoke“ (Rauch) und „fog“ (Nebel). Smog liegt als eine große Dunstglocke meist über Großstädte und Industriegebieten, in deren Luft zu viele Staubpartikel schweben. Sie entstammen im Winter meist den Schornsteinen von Haushalten und Industrieanlagen → Wintersmog. Die Staubteilchen wirken als Kondensationskerne für zahlreiche Säuren in der Luft, wie z.B. Schwefel-, Salpetrige und Salpetersäure (s.u.) und bilden mit den genannten Stoffen einen Dunst oder Ne-

© Florian Zeller 08/09

bel. Im Sommer sind es vor allem die Stickstoffoxide, die bei sog. Inversionswetterlagen (umgekehrte Wetterlagen, bei denen Warmluft über einer kühleren Luftschicht liegt und zwischen denen kein oder nur geringer Luftaustausch stattfindet) für die Smogbildung verantwortlich sind. Sie stammen zum größten Teil aus den Auspuffgasen der Kraftfahrzeuge.
Saurer Regen entsteht entweder durch Reaktion von Wasser (Feuchtigkeit) mit Schwefeldioxid oder Stickstoffdioxid. Zunächst bildet sich aus Wasser und Schwefeldioxid (SO_2) die Schweflige Säure (H_2SO_3). Diese wird dann durch Sauerstoff zu Schwefelsäure (H_2SO_4) oxidiert.
Stickstoffoxide entstehen im heißen Motorraum aus Stickstoff und Sauerstoff. Zuerst reagiert Stickstoff und Sauerstoff zu Stickstoffmonoxid (NO). Durch Oxidation mit Sauerstoff entsteht aus diesem dann Stickstoffdioxid (NO_2) – Stickstoffdioxid reagiert mit Wasser schließlich zur Salpetersäure (HNO_3). Bei höheren Stickstoffoxidkonzentrationen zerfällt Stockstoffdioxid unter Lichteinfluss in Stickstoffmonoxid und ein Sauerstoffatom, das mit einem Sauerstoffmolekül zu Ozon reagiert. Bei starker Sonneneinstrahlung bildet sich daher in stickstoffoxidbelasteter Atmosphäre „Ozon-Smog“.

Mögliche **Auswirkungen** von Smog und saurem Regen sind:
- Reizung der Atemwege und der Lungen
- Smogbildung unterstützt die Bildung von Schwefelsäure und Salpetersäure aus Wasser (Luftfeuchtigkeit) und Schwefeldioxid bzw. Stickstoffoxiden (saurer Regen)
- Stickstoffoxide (NO/NO_2) beschleunigen Oxidationsvorgänge in der Luft
- Saurer Regen schädigt die Blätter und Nadeln von Laub- und Nadelbäumen (die Cuticula wird zerstört, Blätter und Nadeln trocknen leichter aus)
- Als Folge des sauren Regens tritt auch eine erhebliche Gewässerbelastung auf. Durch die Erhöhung der Wasserstoffionenkonzentration (Erniedrigung des pH-Wertes) werden zahlreiche Bakterien und damit Destruenten geschädigt, was eine geringere Zersetzung der toten Biomasse zur Folge hat. Das Zooplankton stirbt aus, ebenso Schnecken und Muscheln, da das Calciumcarbonat in ihren Schalen herausgelöst wird, und bei hohen Wasserstoffionenkonzentration kommt es zum Fischsterben.

Mögliche Gegenmaßnahmen sind:
- Einbau von Katalysatoren in Kraftfahrzeuge (durch ihn werden z.B. Kohlenstoffmonoxid und Stickstoffoxide in den Autoabgasen in Kohlenstoffdioxid und unschädlichen Stickstoff umgewandelt)
- Verwendung von schwefelarmen Heizmaterialien und Treibstoffen
- Beseitigung von Schwefeldioxid und Stickstoffoxiden aus dem Rauchgas von Kohlekraftwerken (Rauchgaswäsche mit Hilfe von Calciumhydroxid liefert Calciumsulfat [Gips] und Calciumnitrat)
- Verbot von Fahrten mit dem Auto, vor allem in die Innenstädte bei hoher Staub- und Rußbelastung der Luft im Winter und Inversionswetterlagen im Sommer
- Autos nicht mit Vollgas und Höchstgeschwindigkeit fahren
- Regelmäßige Kontrolle der Autoabgase (AU: Abgasuntersuchung)
- Vor allem auf kurzen Strecken in den Innenstädten öfter das Fahrrad verwenden
- Geschwindigkeitsbeschränkungen auf Landstraßen und Autobahnen

Der Wald

Die Bedeutung des Waldes

• Wasserschutz:	Der Wald speichert bei Regen in seinem porenreichen Boden große Wassermengen und verhindert den Oberflächenabfluss. → gleichmäßige Wasserversorgung Reinigung des Niederschlagwassers → sauberes Trinkwasser
• Boden und Lawinenschutz:	Der Wald bremst den Wind und hält mit seinem dichten Wurzelwerk den Boden fest. → Schutz vor Wasser- und Winderosion, Austrocknung und Steinschlag, Verhinderung von Lawinen

© Florian Zeller 08/09

- Klima und Immissionsschutz: Der Wald verhindert die Entstehung von Kaltluft und wirkt dadurch ausgleichend auf das Klima
  Er filter Verunreinigungen aus der Luft
  Lärmschutz
- Artenhaltung: Der Wald bietet vielen Tier- und Pflanzenarten Lebensraum
- Holzproduktion: Der Wald liefert Holz als nachwachsenden Rohstoff

Gefährdung des Waldes

- Extreme Witterungsverhältnisse (Nass-Schneefall, Stürme, Frost, lang anhaltende Trockenheit)
- Schädlinge (Insekten: verschiedene Schmetterlingsraupen, Buchdrucker; Pilze; Fraßschäden durch Wild)
- Luftschadstoffe (Schwefeldioxid, Stickoxide → saurer Regen; Photooxidantien)

Gegenmaßnahmen

- Verringerung der Luftschadstoffe (aus Industrie, Verkehr und Haushalten)
- Naturnaher Waldbau (Mischwald mit standortgerechter Baumartenwahl, Plenterbetrieb: Naturverjüngung, nur reife Bäume (ca. 135 Jahre) werden im altersgemischten Wald gefällt
- Weitgehender Verzicht auf Pflanzenschutzmittel
- Kalkung übersäuerter Waldböden
- Reduzierung des Wildbestandes

© Florian Zeller 08/09