

1. Einleitung zur Ökologie

1.1 Definition Ökologie: Die Wissenschaft von den Faktoren und Interaktionen, welche die Verteilung und Häufigkeit von Organismen bestimmen, und deren Beziehung mit ihrer Umwelt.

Die Ökologie befasst sich v.a. mit der Häufigkeit, Verteilung und Verbreitung von Arten/Populationen und deren Beziehung untereinander und mit ihrer Umwelt.

Für die Ökologie spielen auch andere Bereiche wie die Genetik, Physiologie, Verhalten und Evolution eine wichtige Rolle. Diese Fachgebiete überschneiden sich.

1.2 Ansätze der ökologischen Forschung

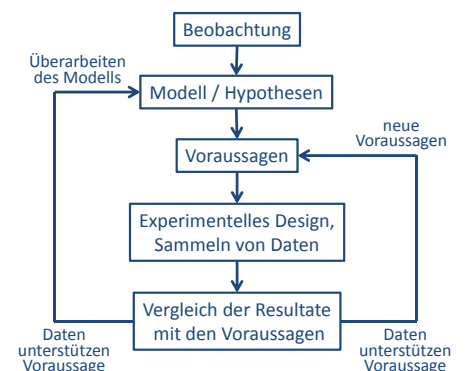
	1) Feldvergleiche , natürliche Experimente	2) Experimente	3) Modelle
Beispiel	Der Vergleich zweier Arten von Hirschkäfern in ihrem natürl. Habitat Südostasien zeigt, dass sich die Farbe der Elytra (Flügeldecken) und die Grösse der männl.Genitalien innerhalb einer Art deutlich von der allopatrischen(alleine) Charakteristika unterscheiden, wenn sie mit der andern Art sympatrisch (im gl.Gebiet) vorkommen.	Larven von Bergmolchen und Fadenmolchen wurden für Experimente entweder zusammen oder getrennt in Boxen gehalten um ihr Konkurrenzverhalten und deren Auswirkungen auf ihre Verbreitung zu untersuchen. Resultat: zwischenartliche Kk.ist nicht viel stärker und beeinflusst Verbreitung eher nicht.	Gray Belovsky erstellte ein graphisches Modell, das Voraussagen über die Nahrung von Elchen macht. Wie viel Wasser- (Natrium reicher, brauchen mehr Platz im Pansen) bzw. Landpflanzen (energiereicher) ein E. zu sich nehmen kann wird von 3 constraints bestimmt (Pansengrösse, min. Na- und Energiebedarf.)
+ Vorteile	- Natürlich - einzigartige Vergleiche möglich - erlaubt generelle Aussagen	- Erlauben kausale Schlüsse - Hypothesen werden getestet	- Beste Weise um <u>generelle Aussagen</u> zu machen - zeigen wichtige Mechanismen auf - für <u>alle Organismen</u> möglich - machen testbare Voraussagen
- Nachteile	- Unkontrollierbare Variabilität - kausale Zusammenhänge bleiben unklar	- Oft künstlich - nicht für alle Organismen möglich	- Nicht natürlich - vereinfacht

1.3 Wissenschaftliche Methoden der Ökologie

1) Das Testen von Hypothesen

Aufgrund einer Beobachtung werden Hypothesen/Modelle aufgestellt, mit denen Voraussagen gemacht werden können. Experimente liefern Daten die gesammelt und ausgewertet, rsp. Mit den Voraussagen verglichen werden.

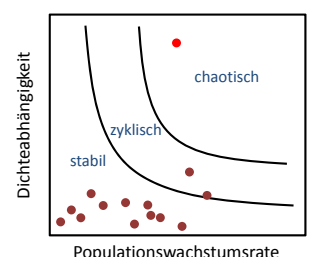
- Unterstützen die Daten die Voraussagen, können neue voraussagen gemacht werden der Kreislauf geht weiter.
- Unterstützen die Daten die Aussagen nicht, so muss eine das Modell überarbeitet werden.



2) Das Schätzen von Parametern

Modelle können voraussagen, dass unter bestimmten Bedingungen Chaos vorkommt. Mit Hilfe von Experimenten mit vielen verschiedenen Arten können die kritischen Parameter gemessen werden.

Beispiel: Schmeissfliegen soll die einzige „chaotische“ Spezies sein. (roter Punkt), was sie so interessant macht als Forschungstier.



2. Grenzen der Artverbreitung

Es gibt drei Verbreitungstypen: räumlich, zeitlich und habitatspezifisch
 !! Achtung: Verbreitung ≠ Ausbreitung (*distribution* ≠ *dispersal*) !!

2.1 Räumliche Verbreitung

Struktur der geographischen Verbreitung

- Die Art kommt nicht überall vor, auch innerhalb ihres generellen Verbreitungsgebietes nicht
- Die Häufigkeit der Art innerhalb des Verbreitungsgebietes ist in dessen Zentrum höher Mitte („core“) vs. Rand
- Dort ist auch die Variabilität in der Häufigkeit am höchsten

2.2 Zeitliche Verbreitung Saisonales Vorkommen: Phänologie

Co-existierende Arten zeigen oft Unterschiede im zeitlichen Ablauf der Lebensabschnitte, also in der **Phänologie**. Pflanzen können sich z.B. in der Blattaustrieb- oder Blütebeginns-Zeit unterscheiden, Insekten im Zeitpunkt der Metamorphose ins Adultleben und Vögel im Zeitpunkt des Zugverhaltens oder der Brut. Beispiel Pflanzen: Zwei sympatrische Solidago-Arten blühen zu unterschiedlichen Zeiten im Jahr, aber auch Individuen innerhalb einer Art zeigen Unterschiede im Blütezeitpunkt.

2.3 Wirts-/ Habitatverbreitung

Arten lebt meist nur in bestimmten Habitaten (und aus gewissen Gründen nicht in anderen).

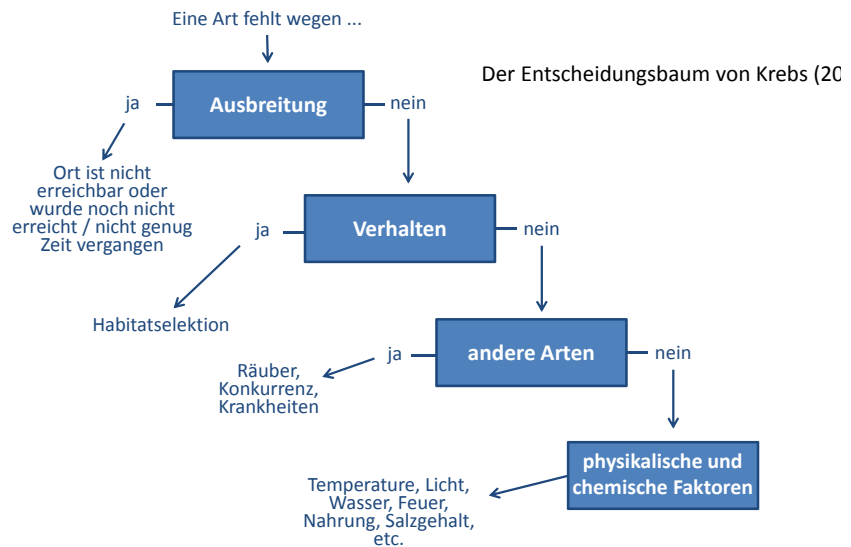
Ebenso haben sich Parasiten auf bestimmte Wirte spezialisiert.

Beispiel: Verschiedene Kuckuck-Rassen parasitieren verschiedene Wirtsarten. In welches fremde Nest das eigene Ei eingeschmuggelt wird ist genetisch determiniert - auch die Größe und Farbe des Eis ist ähnlich zum spezifischen Wirtsei.

2.4 Krebs'scher Entscheidungsbaum

Bestimmungsschlüssel nach Krebs

Ausbreitung => Verhalten => Interaktionen zwischen Arten => abiotische Faktoren



I. Ausbreitungslimitierte Artverbreitung

Def. Ausbreitung: Ortswechsel von wo ein Individuum geboren wurde zu wo es zu einem späteren Zeitpunkt lebt.

Beispiel: Agakröte (engl. cane toad) eine invasive Art in Australien, wurde 1935 ursprünglich eingeführt um Insekten auszurotten. Inzwischen sind sie zum dominanten terrestrischen Räuber geworden und werden zu einer Gefahr für andere

Frösche und kleine Säuger! Die Substanz, die von den Parotiden (paarige Giftdrüsen) der Kröten produziert wird, wirkt kardiotoxisch (=>Herzstillstand). Die meisten australischen Räuber(Vögel/Amphibien) sterben beim Versuch die Agakröte zu fressen. In ihrem ursprüngliches Verbreitungsgebiet, den süd- und mittelamerikanischen (=Neuwelt-)Tropen, jedoch sind ihre natürlichen Feinde immun gegen das Gift.

Einschub:

Nicht-einheimische Arten vorgängig nicht existierende Art in einer bestimmten Region (oftmals auch eingeführte oder exotische Art genannt)

Invasive Arten nicht-einheimische Arten, die ökologischen oder ökonomischen Schaden anrichten

(1) Auswirkungen von nicht-einheimischen Arten:

- viele haben keine nennenswerten Einflüsse

- direkter Einfluss als Konkurrenten oder Räuber
- genetischer Einfluss durch Hybridisierung mit verwandten Einheimischen (nur selten fertil, aber wenn schon, kann die neue Art die bestehenden negativ beeinflussen)
- indirekter Einfluss über abiotische Faktoren: Feuerregime, Hydrologie, etc.
- ökonomische Kosten für die Landwirtschaft, Holzwirtschaft, Tourismus
- Vorteile wenn sie der Biokontrolle oder Ökosystemveränderungen dienen

(2) Welche Arten können sich erfolgreich etablieren?

- Pflanzenarten, die erfolgreich in mehrere Regionen eindringen, haben eine schnellere Wachstumsrate.

(3) Massnahmen gegen invasive Arten

- Prävention: Einfuhrverbote, Frachtkontrolle, Dekontaminierung von Fracht (schwierig&teuer!)
- Entfernung: auf kleinen Flächen oder während einer ersten Phase der Ausbreitung
- Eindämmung: Verhinderung der Ausbreitung in weitere Areale
- Kontrolle: chemische oder physische Entfernung, biologische Kontrolle (meist verw. Methode)

II. Verhalten Habitatselektion (“habitat choice”) begrenzt die Verbreitung

Beispiel: Mit Information über beide, Raubtiere und die Verfügbarkeit von Nahrungsmittel, lassen sich rel. gute Voraussagen von “hotspots” der Huftierarten im Serengeti NP machen.

ökologische Fallen

Definition: wenn die Habitatswahl zur Abnahme der Fitness führt, im Vgl. zur Situation wo Arten alternative Habitate bewohnen.

Beispiel: Schafstelze auf landwirtschaftlich genutzten Flächen.

- Die Vögel nisten bevorzugt auf Bohnenfelder, obwohl diese im vgl. zu Erbsen-, Kartoffel- und Weizenfeldern viel öfter von Räufern aufgesucht werden.
- Sie bauen ihre Nester sehr nahe an Fahrspuren, obwohl es dort die meisten Räuber gibt.

Warum gibt es ökologische Fallen?

- In der Vergangenheit haben gewisse Signale (“cues”) die Qualität des Habitats angezeigt
- Ökologische Fallen entstehen, wenn Menschen Habitate so verändern, dass die Signale nicht mehr die Habitatqualität anzeigen

Wichtig für den Schutz von Arten

Ökologische Fallen können eine Art zum Aussterben bringen, wenn

- solch veränderte Habitate relativ häufig sind
- Populationen von Anfang an klein sind

Eingriffsmöglichkeiten für den Schutz betroffener Arten:

- Eindämmung von Fallen-Habitaten
- die Attraktivität solcher Habitate reduzieren (vorausgesetzt wir wissen, was die Signale für Habitatselektion sind) => z.B. Räuberattrappen aufstellen
- die Qualität von Fallenhabitaten erhöhen => ev. beste Variante zB. elektr. Zaun ums Feld

III. andere Arten Beziehungen zwischen Arten begrenzen die Verbreitung

Ausschluss einer Art wegen biotischen Faktoren:

Konkurrenz („competitive exclusion“), Räubern oder Krankheiten.

Beispiel: Natürliche Experimente haben gezeigt, dass zwei Vogelarten (Kuckuckstauben) im Bismarck-Archipel nie zusammen auf der gleichen Insel vorkommen.

=> Schachbrettverbreitung „checkerboard distribution“ (kommt auch andernorts oft vor)

- *Macropygia mackinlay* wird als „supertramp species“ bezeichnet. Sie kommt nur auf Inseln vor mit wenig anderen Arten. Diese Art ist kein Habitatspezialist, gut im Sich-Ausbreiten und reist oft von Insel zu Insel.
- *Macropygia nigrirostris* die andere Art ist sesshaft und gut im Konkurrenzkampf mit anderen.

IV. physikalische und chemische Faktoren begrenzen die Artverbreitung

Grund für die Artverbreitungsbegrenzung sind abiotische Faktoren:

Temperatur, Licht, Wasser, Feuer, Nahrung, Salzgehalt, etc.

Beispiele:

- Das Verbreitungsgebiet des australischen *Red kangaroo* korreliert ziemlich genau mit der Niederschlagshöhenlinie von 400mm => ganzes Jahr sehr trocken. Dies mit Experimenten nachzuweisen ist aber unmöglich, da der Regen nicht einfach gestoppt werden kann...
- Wie sich Artverbreitung mit dem Klimawandel ändert, wurde mit regelmässigen Florakartierungen auf der Südseite des Piz Bernina zwischen 1956 und 2005 gezeigt:
Die obere Verbreitungsgrenze ist heute für alle Arten höher => 34 m/10 Jahre

2.5 ökologische Nischen

Definition: Bereiche von Umweltbedingungen und Ressourcenmengen, die erlauben, dass eine Art überleben und reproduzieren kann.

Wiki: Der Begriff Ökologische Nische bezeichnet die Summe der biotischen und abiotischen Umweltfaktoren, die eine Art zum Überleben benötigt.

Fundamentale Nische:

Nische, die besetzt werden KANN
(schwierig zu messen)

>

Realisierte Nische:

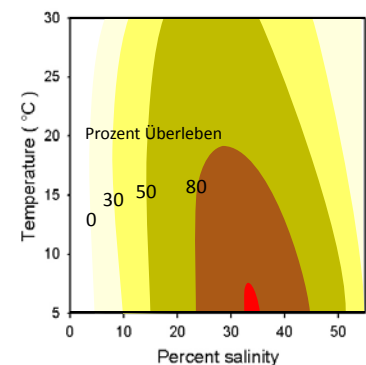
Nische, die tatsächlich besetzt IST
(was wir beobachten)

- Wechselwirkungen mit anderen Arten (Konkurrenz, Räuber, Krankheiten) schliessen Arten von Teilen ihrer fundamentalen Nische aus.
- Die Nische ist ein Konzept, kein Ort!
- Das Überleben und die Reproduktionsrate hängt von verschiedenen Faktoren ab und diese können interagieren

Beispiel: Sandgarnele *Crangon septemspinosa*

Die Grafik legt dar, wie das Überleben dieser Art vom Salzgehalt und der Temperatur abhängen kann.

- im roten Bereich überleben 100%
- bei tiefen Temperaturen hat der Salzgehalt einen grösseren Einfluss auf das Überleben als bei höheren Temperaturen
- bei sehr tiefem und sehr hohem Salzgehalt hat die Temperatur praktisch keinen Einfluss mehr auf das Überleben



3. Populationsgrösse

3.1 Definition Population: Eine Gruppe von Organismen derselben Art besetzt einen bestimmten Ort zu einer bestimmten Zeit.

Schwierigkeiten: Definition von Arten, Ort, Zeit
Einheitliche (Menschen) und modulare (Koralle, Pflanzen-Klone) Organismen

3.2 Schätzen einer Populationsgrösse

Absolute Dichte

- vollständige Zählung *nur für menschliche Bevölkerung möglich. Für Tiere nur mit Abschussmethode und für Pflanzen höchstens auf Inseln möglich.*
- Stichproben
 - Quadrate *üblich für Pflanzen/festsitzende Tiere. Quadrate müssen für die gesamte Population repräsentativ sein.*
 - Fang-Stichprobenverfahren => Lincoln-Petersen Methode oder Rückfangmethode

Dabei wird eine Stichprobe der zu messenden Population gefangen, markiert und wieder freigelassen.

Danach wird wieder eine Stichprobe gefangen und anhand des Anteils der darin markierten Tiere auf die

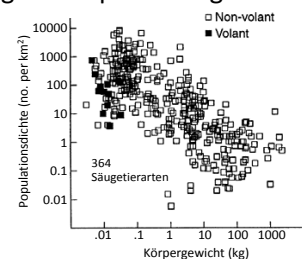
Gesamtgröße geschlossen. (wiki) BSP: $\frac{\text{Markiert in Erfassung 2}}{\text{Gesamt in Erfassung 2}} = \frac{\text{Markiert in Erfassung 1}}{\text{Gesamt Popgröße (N)}} \Rightarrow \frac{2}{8} = \frac{8}{N} \Rightarrow N = 32$

=> Neuerer Ansatz: mit erfassen von mehr als zwei Intervallen:

keine einfache Formel, erlaubt aber die Schätzung der Populationsgröße, der Überlebensrate, und der Feststellbarkeit. Information über die Feststellbarkeit gibt bessere Schätzung der Populationsgröße.

Indizien der relativen Dichte

- Gesang / Stimmen *Vögel/Frösche*
- Fussspuren *Raubtiere*
- Fäkalienzählung
- Jagdstatistik
- Straßenzählung



“Big fierce animals are rare” *Paul Colinvaux 1979* => je schwerer/grösser ein Vogel, desto seltener ist er

4. Populationsdynamik

4.1 Individuelle Verteilung innerhalb der Population

Verteilung innerhalb der Populationen spiegelt soziale Interaktionen und Habitatheterogenität wider. Verteilung auf unterschiedlichen räumlichen Skalen.

Einteilung in drei Arten, wie Individuen verteilt sein können: (*nicht immer einfach, z.B. Moos auf Bäumen*)

- gleichmässig *Mövennester*
- zufällig *Löwenzahn, die häufigste Verteilung*
- aggregiert *Fische, Vögel, bei Pflanzen durch die Bodenabhängigkeit häufig*

4.2 Beobachtete Muster

Exponentielles Wachstum

Wird häufig beobachtet, wenn eine Art (durch Menschen) in ein neues Habitat eingeführt wird und v.a. auf Inseln. Exponentielles Wachstum kann nicht aufrechterhalten werden, da lebensnotwendige Ressourcen (Nahrung) irgendwann aufgebraucht sind.

BSP: 25 Rentiere wurden 1911 auf einer arktische Insel ausgesetzt, 26 Jahre später waren es 2000 Tiere! Ab Ende 30er nahm die Zahl stetig ab, da sich die Flechten, die Rentiere vorwiegend essen, nicht erholen konnten.

Stabile Populationsniveaus

BSP: Die Larven von zwei coexistierenden Libellenarten wurden über Jahre mit einem Netz gesammelt => Erfassung des Populationsindex (nicht Gesamtpopulation kann so gemessen werden) ergaben stabile

Zahlen bis zur Einführung einer Fisches, der Larven frisst.



Populationszyklen

Rückkopplungsmechanismen der Räuber-Beute-Relationen oder Parasiten spielen bei der Regulation solcher Zyklen eine wichtige Rolle.

BSP: Beim Schneeschuhhasen und Luchs (Daten stammen von Aufzeichnungen des Pelzhandels => Index) zeigen sich regelmässige Zehn-Jahres-Zyklen. Der Luchs gipfelt dabei ein Jahr nach dem Hasen.

4.3 Populationsmodelle

Einfaches Populationsmodell

N = Populationsgrösse

2 Faktoren die Populationen vergrössern:

offene Population: $N_{t+1} = N_t + (B+I) - (D+E)$
 geschlossene Pop.: $N_{t+1} = N_t + B - D$

- B = Gebruten
- I = Einwanderer (nur bei offenen Populationen)

2 Faktoren die Populationen verkleinern:

- D = Sterben
- E = Auswanderer (nur bei offenen Populationen)

Umrechnen auf b= Geburtenrate und d= Sterberate pro Kopf: $b=B/N$ $d=D/N$

Änderungsrate: $r = b-d$ => Pro-Kopf-Wachstumsrate, spezifische natürliche Wachstumsrate

Exponentielles Wachstumsmodell:

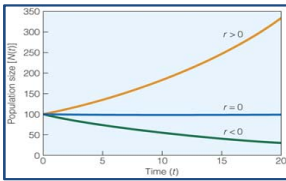
- Kontinuierliche Zeit (Differentialgleichung)

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = rN$$

Differentialgleichung $\rightarrow \frac{dN}{dt} = rN$

Voraussage für t Jahre in der Zukunft

$$N_t = N_0 e^{rt}$$



- $r > 0$: $b > d$, mehr Individuen geboren als gestorben
- $r = 0$: $b = d$
- $r < 0$: $b < d$, mehr Individuen gestorben als geboren

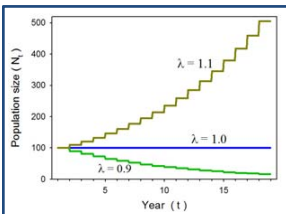
- Diskrete Zeit (Differenzgleichung)

$$\lambda = e^r$$

$$N_{t+1} = \lambda N_t$$

$$N_t = \lambda^t N_0$$

+ endliche Zunahmerate und gut geeignet für Computerberechnungen



Das exponentielle Wachstums-Modell geht von unbegrenzten Ressourcen aus (b und d sind konstant) => dies ist unrealistisch, denn in der Natur sind Ressourcen begrenzt und b und d ändern sich mit der Dichte:

Dichteabhängigkeit der Geburten- und Sterberaten (realistischeres Modell)

Logistisches Wachstumsmodell:

$$\frac{dN}{dt} = rN \left(1 - \frac{N}{K} \right)$$

(K ist die Kapazitätsgrenze, $= \frac{b_0 - d_0}{a + c}$)

$$\frac{dN}{dt} = rN$$

$$\frac{dN}{dt} = (b-d)N$$

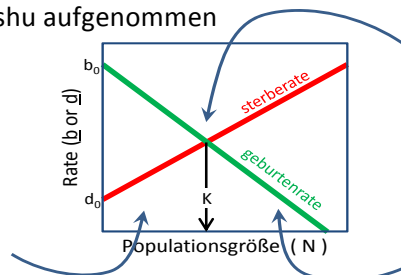
- $b = b_0 - aN$
 - $d = d_0 + cN$
- } Dichte-abhängige Raten

- Experimentell reduzierte Dichte in einer seltenen Pflanze in North Carolina => die Blütenproduktion pro Pflanze ist niedriger bei hoher Populationsdichte
- Keimlingssterblichkeit auf Langzeit-Studienflächen in Cocha Cashu aufgenommen => Überleben ist niedriger in Arten, die häufiger sind

Grafik rechts:

im linken Bereich gibt es wenig Konkurrenz, viel Ressourcen => hohe Geburtsrate
 im rechten Bereich herrscht zu hohe Populationsdichte.

$b > d$
die Population wächst



Kapazitätsgrenze (or carrying capacity)
 der Wert von N, bei der Geburtenrate und Sterberate einander ausgleichen

$d > b$
die Population nimmt ab

Das logistische Wachstumsmodell sagt voraus, dass die Populationsgrösse N nach einer bestimmten Zeit immer zur Kapazitätsgrenze K divergiert, egal wie gross die Population zur Anfangszeit war. Wie schnell eine Population K erreicht, wird von der Wachstumsrate r beeinflusst. Alle drei unter 4.2 beschriebenen Muster können mit dem logistischen Wachstumsmodell beschrieben werden:

- exponentielles Wachstum wenn N klein ist
- stabile Populationsniveaus
- Populationszyklen:

$$\frac{dN}{dt} = rN \left(1 - \frac{N}{K} \right)$$

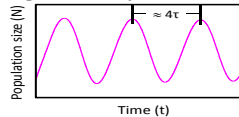
Logistisches Wachstumsmodell

Es gibt 2 Arten, wie zyklische Modelle erstellt werden können (noch realistischere Modelle):

A) Zeitverzögerung: je grösser τ , desto länger die Zyklen

$$\frac{dN}{dt} = rN \left(1 - \frac{N_{t-\tau}}{K} \right)$$

τ = Zeitverzögerung



B) Diskrete Zeit: überraschendes Verhalten von diskreten, logistischen Modellen:

$$N_{t+1} = N_t + rN_t \left(1 - \frac{N_t}{K} \right)$$



- Wenn r klein ist => **stabiles Gleichgewicht** (wie kontinuierlich logistisch)
- Wenn r größer wird => **Perioden**
- Wenn $r > 2.57$ => **Chaos**

Chaos ist überraschend, weil das Modell vollkommen deterministisch ist => Populationsgrösse im nächsten Jahr ist durchaus vorhersehbar - basierend auf diesem Jahr.

Definition von Chaos: Populationsentwicklungen sind empfindlich gegenüber Anfangsbedingungen

Auswirkungen des Chaos:

- Produziert durch "realistische" Populations-Modelle (Wachstum, Ressourcen-Begrenzung, diskrete Zeit)
- Unvorhersehbare Variation muss nicht zufällige Variation bedeuten
- Schwankungen bedeuten nicht, dass kurzfristige Vorhersage für das Populations-Management unmöglich ist
- Langfristige Vorhersage ist **unmöglich** (Rundungsfehler)

Tritt Chaos in realen Populationen auf?

Wie kann man diese Frage beantworten?

1) Experimente: direktes Manipulieren von Populations-Parametern (*r zu manipulieren ist aber sehr schwierig*)
Experiment um Chaos zu induzieren am Reismehlkäfer *Tribolium*.

Modifikation des logistischen Modells, so dass es drei Lebensphasen umfasst:

Die drei Gleichung nehmen immer Bezug auf die vorangegangene Lebensphase, in Überleben und Anzahl und beachten auch die Dichteabhängigkeit.

Larven: $L_{t+1} = b \cdot A_t \cdot f(N)$ (Fruchtbarkeit \times Adultenzahl \times Dichteabhängigkeit)

Puppen: $P_{t+1} = s_L \cdot L_t \cdot f(N)$ (Überleben von Larven \times Larvenzahl \times Dichteabhängigkeit)

Adulten: $A_{t+1} = s_P \cdot P_t \cdot f(N)$ (Überleben des Puppenstadiums \times Puppenzahl \times Dichteabhängigkeit)

Modell sagt voraus, dass Chaos durch hohe Rekrutierung ins Erwachsenen-Stadium (s_P) ausgelöst wird.

Experimentelles Manipulieren von s_P , durch Hinzufügen oder Entfernen neuer Erwachsenen.

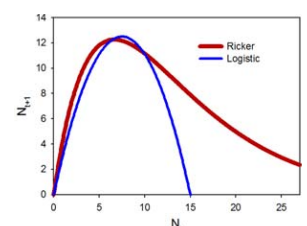
- Resultate:
- 1) Das Modell ist ziemlich gut im Vorhersagen der Dynamik der Populationen
 - 2) Es ist möglich, eine biologische Population ins Chaos stürzen zu lassen!

2) Zeitreihenanalyse: vergleichen der Parameter mit den Vorhersagen für Chaos

Definition von Zeitreihe: Reihe von Beobachtungen durch wiederholte Messungen über Zeit

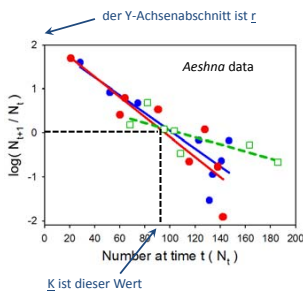
BSP: Zeitreihe über 26 Jahre von Torf-Mosaikjungfer/Dragon Fly/*Aeshna juncea* auf einer Insel in Kanada.

- **Diskret logistisches Modell** bringt unrealistische Resultate, denn wenn die Dichte zu hoch ist, überleben keine Im nächsten Jahr



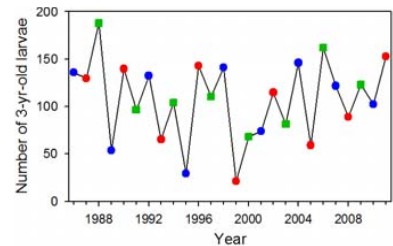
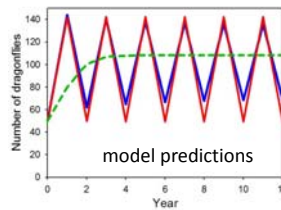
- **Ricker-Modell:** Phasendiagramm hat einen langen Schwanz, eine so genannte Bestands-Recruitment-Kurve

$$N_{t+1} = \lambda N_t e^{\left(1 - \frac{N_t}{K}\right)} \Rightarrow \log_e\left(\frac{N_{t+1}}{N_t}\right) = r + \left(-\frac{r}{K}\right)N$$



r	K
2.07	102.3
2.18	95.9
0.87	108.2

Füttern des Modells



Interpretation der Grafik ganz rechts: Das Ricker-Modell sagt für diese Dragon-Flies voraus, dass es entweder einen stabilen Punkt oder einen Zwei-Punkt-Zyklus gibt => dies entspricht der Zeitreihe.

Zeitreihen lassen bei oberflächlichem Hinschauen vermuten, dass einige Populationen in der Natur am Rande des Chaos sind, aber Umwelt-Variation kann eine Population von Periodizität ins Chaos schieben. Tatsache ist, dass es wenige Belege für sehr chaotische natürliche Populationen gibt.

Kontinuierliches Populationswachstum

• Viele Organismen haben überlappende Generationen. (kontinuierliches Pop.wachstum). Die Wachstumsrate der Population in einem Zeitabschnitt Δt : $\frac{N(t+\Delta t) - N(t)}{\Delta t}$

• Diese Wachstumsrate betrachten wir in kleineren Zeitabschnitten. aus diesem Grund kann man den Differenzenquotienten $\frac{\Delta N(t)}{\Delta t}$ als Differenzialquotienten angeben $\frac{dN(t)}{dt}$

• R= Individuelle Wachstumsrate, Für exponentielles Wachstum mit diskreten Generationen war die Wachstumsrate $R \cdot N(t)$, also proportional zur Populationsgröße. Folglich soll beim kontinuierlichen Wachstum (k.W.) die Wachstumsrate proportional zum $N(t)$ sein. Für das k.W. braucht man ebenfalls ein Proportionalitätsfaktor, welcher mit klein r bezeichnet wird. Es ergibt sich:

$$\frac{dN(t)}{dt} = r \cdot N(t), \text{ die explizite Darstellung der Differenzialgl. integr.: } N(t) = N(0)e^{rt}$$

• r hat die Einheit Individuen pro Zeit

Demographie und Lebensstafeln

• Lebensstafeln: erfassen die mittleren Veränderungen der Lebensäußerungen der Individuen einer Population mit dem Alter in Tabellenform

• Demographie: Statistische Untersuchung der Größe und Struktur der Population (vor allem Geburten, Todesfälle, Einwanderung und Auswanderung)

• Allgemeine Begriffe:

1. Altersklasse :0→ von der Geburt (Schlupf / Keimung) bis zum ersten Geburtstag
 1→1 bis 2 Jahre

2. Anzahl lebende Individuen: Enthält nur Weibchen; beginnt mit der Anzahl geborener Weibchen und endet, wenn alle Weibchen gestorben sind. Kann man auf drei versch. Arten feststellen: Als erstes kann man die Kohorte (Individuen, die im gl. Zeitraum geboren sind) beobachten oder man kann die anhand der Altersverteilung einen Rückschluss ziehen. Die dritte Mögl.keit ist, die Überreste von den Tieren einsammeln und das Alter bestimmen.

3. Zeitplan der Fruchtbarkeit: Durchschnittliche Anzahl der weiblichen Nachkommen je Weibchen pro Altersklasse

Iteroparität: Individuum reproduziert wiederholt während seiner Lebensdauer→polykarp (Botanik, mehrjährig)

Semelparität: Individuum reproduziert nur einmal in seinem Leben→monokarp (Botanik, einjährig)

• **Überleben**: Teil der ursprünglichen Kohorte, der pro Altersklasse noch am Leben ist. Beginnt immer bei 1.0 und endet bei 0.0 → berechnen der Überlebenskurve: $l_x = n_x/n_0$

Typ 1 Niedrige (pro Kopf) Frühmortalitätsrate: bei Tieren mit hohen Investitionen in die Nachkommen

Typ 2 konstante Sterblichkeit während des gesamten Lebens: viele Tiere

Typ 3 hohe Frühmortalitätsrate: in vielen Pflanzen und in Tieren ohne elterliche Fürsorge

→ Mensch in Industrie Nationen hat Typ 1, solcher in vorindustrieller Nationen Typ 2

→ Überlebenskurve oft in einfacher log-Skala angegeben

Altersklasse (x)	Anzahl lebende Individuen (n _x)	Zeitplan der Fruchtbarkeit (b _x)	Überleben (l _x)	l _x · b _x
0	500	0	1.0	0.0
1	400	2	0.8	1.6
2	200	3	0.4	1.2
3	50	1	0.1	0.1
4	0	0	0.0	0.0

2.9 =

• Nettoreproduktionsrate: Durchschnittliche Anzahl der weiblichen

Nachkommen von einem Weibchen in ihrem Leben produziert

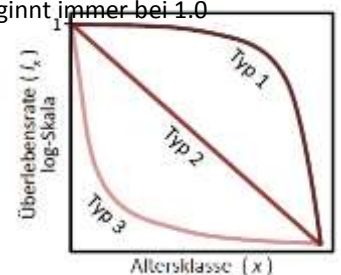
$l_x \cdot b_x$: Anzahl der Nachkommen in der Altersklasse produziert, durch die Wahrscheinlichkeit des Überlebens dieser Altersklasse abgezinst

• Generationsdauer, G (oder T): Alter, in dem ein Weibchen gebärt, gemittelt über alle ihre Nachkommen

$$G = \frac{\sum l_x \cdot b_x \cdot x}{R_0}$$

• Reproduktionswertes: Anzahl der Nachkommen, die von einem Weibchen im Alter x geboren werden

$$V_x = \sum_{t=x}^k \frac{l_t \cdot b_t}{l_x}$$



x	V _x
0	2.90
1	3.63
2	3.25
3	1.00

Beispiel: Ein Neugeborenes produziert mehr Nachkommen als 3 Jahre altes

• Populationswachstumsrate: Um r zu berechnen, muss die Euler-Gleichung aufgelöst werden:

$$1 = \sum e^{-rx} I_x b_x, \lambda = e^{-rx}$$

• **Leslie-Matrix:** In der Ökologie beschreibt man damit die Änderungen in einer Organismenpopulation über einen bestimmten Zeitraum. In einem Leslie-Modell wird die Bevölkerung in Gruppen oder auf Altersklassen und Lebensstadien unterteilt → wir benutzen um das Populationswachstum voraus zu sagen

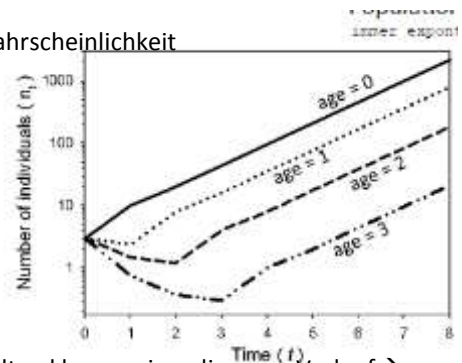
$$M = \begin{pmatrix} F_1 & F_2 & F_3 & F_4 \\ P_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P_3 & 0 \end{pmatrix}$$

P_i : Wahrscheinlichkeit, dass ein Individuum im Alter i bis $i+1$ überlebt

F_i : Fruchtbarkeit der Altersklasse i , gewichtet nach ihrer Überlebenswahrscheinlichkeit

\mathbf{n}_{t+1} , der Populationsvektor zum Zeitpunkt $t + 1$, ist definiert durch

$$\begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \\ n_4 \end{bmatrix}_{t+1} = \begin{bmatrix} f_1 & f_2 & f_3 & f_4 \\ s_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & s_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_3 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \\ n_4 \end{bmatrix}_t$$



• Nach wenigen Zeitschnitten zeigen sich d. Individuenzahlen in allen Altersklassen einen linearen Verlauf → Population wächst exponentiell

• Durch Veränderung der Einträge der Alterstafel kann man deren Auswirkung auf d. Alterstafel leicht untersuchen:

wenn man $\lambda > 1$ ist muss bei stabiler Altersstruktur der Anteil der Altersklasse an der Gesamtpopulation mit dem Alter abnehmen.

wenn $\lambda < 1$ steigt der relative Anteil der Individuen in den unteren Altersklassen

→ Allein aus der Altersstruktur lassen sich schon Aussagen über den Zustand der Population treffen: hat es hohe Altersklassen häufiger als jüngere, so handelt es sich nicht um eine wachsende Population

• **Leslie-Matrix und Entscheidungen im Naturschutz am Bsp. der Schildkröte**

• Die Schildkröten haben eine spezielle *life history*: Werden in Nestern im Sand abgelegt (ca.110 Eier). Danach haben sie eine Pelagische Juvenil Phase von 7 Jahren. Während dieser Zeit ist noch nicht genau bekannt, wo sie verbringen. Sehr wahrsch. ist aber, dass sie im offenen mehr ist. Nach der Juvenil Phase folgt die Adoleszenz Phase. Diese dauert 15 Jahre. Die Schildkröten befinden in Standnähe. Danach kommen sie alle 2-3 Jahre an den Strand um ihre Eier abzulegen.

→ sehr spezielle life history: es würde keinen Sinn machen, die Schildkröten nach Jahrintervallen in einer Leslie Matrix aufzulisten, da man über längere Zeit nicht weiss, wo sie genau sind und zudem das Alter schwer abzuschätzen ist. Darum hat man die sie in Lebensstadien unterteilt:

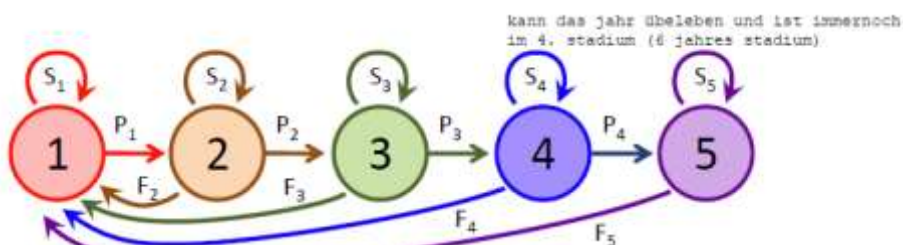


Lebensstadium	Jährl. des Stadiums (Jahre)	Jährl. Überleben	Jährl. Fruchtbarkeit
1 Eier / Schlüpflinge	1	0.67	0
2 Kleine Juvenile	7	0.75	0
3 Grosse Juvenile	8	0.68	0
4 Subadulte	6	0.74	0
5 Adulte	>32	0.81	76.5

• S_x : Wahrsch. Wahrscheinlichkeit zu überleben und in derselben Stadiumsklasse zu bleiben → S_1 hat die Wahrsch.keit 0, da es sich in diesem Stadium als einziges um eine Altersklasse handelt, die man zu 100% verlässt

• F_x : Spezifische Fruchtbarkeit

• P_x : Wahrscheinlichkeit zu überleben und in die nächste Stadiumsklasse zu wechseln



Stadium	Anteil
1	0.239
2	0.648
3	0.103
4	0.007
5	0.003

• Bild von vorhergehender Seite: Die Abb. ist die bildliche Darstellung der Matrize → Gut sichtbar wird in der Abb., warum in der Matrize unter F_4 eine „0“ abgebildet ist: Es gibt keine Möglichkeit vom 4. Stadium in das 2. vorzudringen. Das Bild zeigt die Möglichkeiten eines Stadiums auf die anderen Einfluss zu nehmen.

• Aus der Leslie Matrix kann man folgendes ablesen (in der Vorlesung wurde nicht gezeigt wie, sondern nur dass man es kann):

1. Populationswachstumsrate: $\lambda = 0.95$, oder $r = -0.051$ → die Population schrumpft pro Jahr um 5%

2. Stabile Altersverteilung: weniger wie ein halbes Prozent sind im 5. Stadium, dh. geschlechtsreif

3. Reproduktionswert: Alle Werte sind relativ zur ersten Stadiumsklasse. Geschlechtsreife Adulte sind extrem wertvoll (sie haben bereits die schwierigen frühen Lebensstadien überlebt)

4. Sensitivität: Proportionale Veränderung in λ wenn sich das Überleben um 10% verändert.

Das Populationswachstum ist sehr empfindlich („sensitiv“) gegenüber Juvenilenüberleben.

→ wenn man die Juvenilüberlebensfähigk. anhebt, hat das einen Einfluss auf das 5. Stadium

• Empfehlungen für den Schutz:

1. Eier und Schlüpflinge sind nicht sehr wichtig

2. Wichtig ist das Juvenilen- / Subadultenüberleben → spezielle Fangnetze, damit Schickkröten nicht „gefischt“ werden

Stadium	V_x
1	1.0
2	1.4
3	7.5
4	115.0
5	432.2

Metapopulationsökologie

• Definition: Eine Gruppe räumlich getrennter Populationen gleicher Art, welche durch die Ausbreitung miteinander agieren.

→ System aus Populationen, bei dem sich durch Aussterben einer lokaler Population sowie deren Neueinbürgerung durch Immigration ein ständiger Wandel der räumlichen Verbreitung einer Art über die potenziellen Siedlungsgebiete hinweg ergibt

• Merkmale:

* Populationen kommen über Habitatfragmente verteilt vor („patches“)

* Habitatfragmente sind identisch → gleich gross, gleiches Ressourcenangebot, gleiche Umweltschwankungen (unabhängig voneinander). Aus diesen wenigen Faktoren kann man ableiten, dass für jede Population das Aussterberisiko gleich ist.

* Patches können lebensfähige Populationen über eine gewisse Zeit beherbergen

* Populationsdynamik hat zwei zeitliche Skalen: eine lokale und eine Metapopulations-spezifische

* Die lokalen zeitlichen Abläufe sind sehr schnell und können vernachlässigt werden → es gibt nur 2 Zustände: unbesetzt und besetzt, sobald eine Population das Habitat erreicht hat, erreicht sie die maximale Populationsgrösse.

• Mathematisches Modell:

P: Anz. Fragmente, die besetzt sind

C: Anz Fragmente, die pro Jahr kolonisiert werden

E: Anz. Fragmente, die pro Jahr verwaissen

Wir beachten die Veränderungen für p in kleinen Zeiträumen Δt , aus diesem Grund nehmen wir den

Differenzialquotienten: $\frac{dp}{dt} = C - E$

Die relative Anzahl der Gebiete die besetzt ist ist 1-p. C ist von den bereits besiedelten Gebieten abhängig.

Dann ergibt sich C zu $cp(1-p)$. Jede Population hat die gleiche Austerbe Wahrsch.keit e. Damit ist E das Produkt von $e \cdot p$. Es ergibt sich:

$$\frac{dp}{dt} = cp(1-p) - ep(1-p)$$

Es gibt 2 Gleichgewichtszustände:

$c > e$, dann $p^* = 1$ → wenn mehr Gebiete besetzt werden, wie verwaissen, sind mit der Zeit alle besetzt

$c < e$, dann $p^* = 0$ → Aussterberate ist grösser, Metapopulation stirbt aus

• Metapopulation am Beispiel des Glanville fritillary (Schmetterling)

Man hat Aufnahmen in 1530 Habitatfragmenten in 2 Jahren untersucht und analysiert welche Gebiete eine Population aufweisen. Es wurden nur 5 Gebiete 2 Jahre hintereinander 2 Mal kolonisiert → ist der Schmetterling

am Aussterben? Nein! Denn in den Daten, welche über die Jahre hinweg gemacht wurden, hat es grosse Schwankungen in den lokalen Populationen von Jahr zu Jahr. Es ist kein Abwertstrend zu erkennen in der Gesamtpopulation.

Rettungseffekt: Ausbreitung zwischen Fragmenten "rettet" diese vor dem Aussterben

→ Die Wahrscheinlichkeit des Aussterbens nimmt in voll besetzten Landschaften ab

• Modell auf die Schmetterlinge angewendet

* Anteil besetzter Fragmente zeigt eine bimodale (hat 2 „Gipfel“) Verteilung

* Diese Verteilung unterscheidet sich von jener, die erwartet wird, wenn die Schmetterlinge zufällig verteilt wären

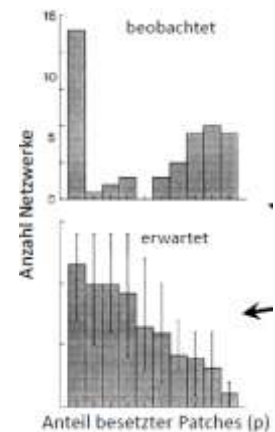
* Die Resultate lassen vermuten, dass e und c in den Fragmentnetzwerken verschieden sind

• Ausweitungen der Metapopulationstheorie

(1) Metapopulation: Fragmente sind ähnlich; alle haben eine Wahrscheinlichkeit für Aussterben und Kolonisierung

(2) Source-sink Modelle: Fragmente unterscheiden sich in der Grösse und Qualität; Wahrscheinlichkeit für Aussterben und Kolonisierung hängen von der Qualität ab

(3) Landschaftsmodelle: Fragmente unterscheiden sich in der Qualität und Isolation; das Gebiet zwischen den Fragmenten, die Matrix, ist entscheidend



→ Im Skript hat es ein weiteres Beispiel für die Metapopulation vom Laubfrosch: Die wichtige Message ist, dass die Habitate (Feuchtgebiete) im Kanton Zürich immer kleiner und unterbrochen wurden.

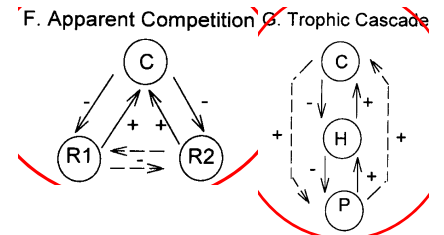
7. Gemeinschaftsökologie

Definition: Die Untersuchung von Wechselwirkungen zwischen Organismen, die zu einem bestimmten Zeitpunkt, an einem bestimmten Ort auftreten.

Eine Gemeinschaft liegt in der biologischen Organisation über der Stufe der Arten und unter der des Bioms-ökologische Gemeinschaften sind also Einheiten aus Organismen mindestens zweier verschiedener Arten.

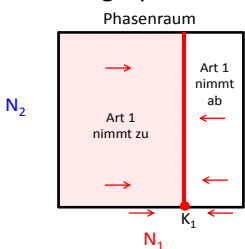
Typen von zwischenartlichen Interaktionen:

- **Konkurrenz** => negative Interaktion für beide Parteien
- **Scheinbare Konkurrenz** => 2 Beutearten konk.um „feindfreien Raum“
- **Trophische Konkurrenz** => Wettbewerb um die gleiche Nahrung
- Prädation => Räuber-Beute. A schadet B, A profitiert von B
- Mutualismus => beide Parteien profitierten von der Interaktion
- Amensalismus (A schadet B, B bringt nichts für A) und Kommensalismus (B profitiert von A, A nicht von B)



7.1 Konkurrenz (competition)

graphisches Modell für eine Interaktion zw. 2 Arten **OHNE Konkurrenz** (sehr häufig in Natur)

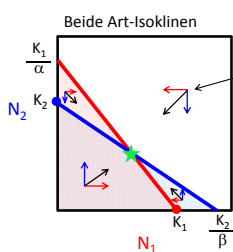


- Die Grafik ist wie der 1. Quadrant eines Koordinatensystems zu betrachten; im Ecken unten links sind beide Arten ausgestorben, oben rechts von beiden sehr viele Individuen.
- Wenn die Art 1 allein vorkommt, bewegt sich die Populationsgröße in Richtung ihrer Kapazitätsgrenze (K_1)
- Wenn die Art 2 hinzugefügt wird, ist die Populationsgröße der Art 1 nicht betroffen

Lotka-Volterra Konkurrenz-Modelle

- Nur α, β und K sind für den Ausgang relevant, die Wachstumsrate r beeinflusst Konkurrenz nicht!
- Koexistenz kann vorkommen, wenn die Konkurrenzkoeffizienten klein sind

Null-Wachstum-Isoklinen, zwei Arten stehen miteinander **in Konkurrenz**:



Stabiles Gleichgewicht (beim grünen Stern)

- Überlagerung zweier Null-Wachstum-Isoklinen: die Addition der Erwartungen (Vektoren) wenn beide Arten isoliert leben würden, erlaubt eine Voraussage über die Situation, wenn die beide Arten konkurrieren.
- Die Geradensteigung gibt Auskunft über die Konkurrenz-Stärke
- Die Achsenabschnitte ergeben sich aus der Division von K der jeweiligen Art durch α bzw. β : die kompetitive Wirkung von der andern Art auf die betrachtete.
- Die GGWs-Populationsgröße einer Art muss entlang ihrer Isokline liegen.

3 weitere Lotka-Lolterra Konkurrenz-Modelle

<p>Das Diagramm zeigt zwei Null-Wachstum-Isoklinen, die sich kreuzen. Die Isokline für Art 1 (rot) hat einen steileren Verlauf als die für Art 2 (blau). Ein grüner Stern markiert ein instabiles Gleichgewicht.</p>	<p>Instabiles Gleichgewicht</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ausgang hängt von den Anfangsbedingungen ab. • Wenn sich die Population am Anfang oberhalb der grünen Linie befindet, gewinnt die Art 2, Art1 stirbt aus. • Liegt der Startpunkt unterhalb der grünen Linie, gewinnt immer die Art 1. 		
<p>Das Diagramm zeigt zwei Null-Wachstum-Isoklinen, die sich kreuzen. Die Isokline für Art 1 (rot) ist steiler als die für Art 2 (blau). Ein grüner Stern markiert ein stabiles Gleichgewicht.</p>	<p><= Art 1 gewinnt immer, bei K_1 ist die Art 2 ausgestorben</p>	<p>Art 2 gewinnt immer => α ist zu gross</p>	<p>Das Diagramm zeigt zwei Null-Wachstum-Isoklinen, die sich kreuzen. Die Isokline für Art 2 (blau) ist steiler als die für Art 1 (rot). Ein grüner Stern markiert ein stabiles Gleichgewicht.</p>

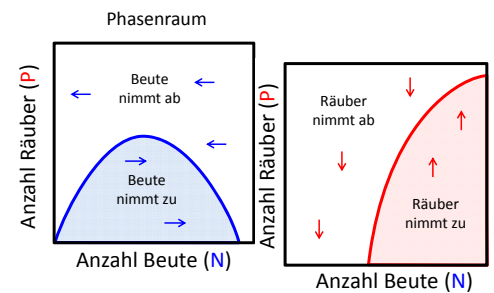
Ayala testete das Lotka-Volterra-Modell 1973 mit *Drosophila* in 2 bedeutenden Experimenten:

- 1) Schätzten der Parameter, Voraussagen des Ausgangs => Gleichgewichtsdichte sollte über der Linie liegen, die beide K s verbindet. Nur 1 von 8 Resultaten erfüllte die Erwartungen nach LV!
- 2) Direktes Kartieren des K -Phasendraums, schätzen der Lage der Isoklinen => Isoklinen sind NICHT linear!

Prädation und das graphische Modell dazu:

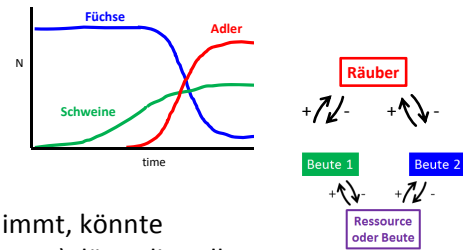
In der Vorlesung nicht besprochen, ist aber wichtig da eine der 4 Essayfragen eine Diskussion darüber verlangt! Kurz-Interpretation:

Räuber sind durch die Anzahl Beute limitiert. Wenn es zu viel Beute hat, kann die Räuberpopulation so stark zunehmen, dass die Beutepopulation wieder abnimmt, weil sie nun mehr gefressen werden. R. limitieren auch B.



7.2 Scheinbare Konkurrenz

Definition: ein gemeinsamer Räuber verursacht die Abnahme einer Beuteart. Indirekte Effekte => Auswirkungen einer Art auf eine zweite Art wird durch eine dritte Art bestimmt.



Beispiel 1: Füchse, Adler und Schweine auf den Channel Island, CA

Der Grund, weshalb die anfänglich hohe Fuchs-Population plötzlich so stark abnimmt, könnte folgender sein: Die Einführung und rascher Anstieg der Schweine-Population(Beute1), lässt die Adler-Population(Räuber) zunehmen, was wiederum einen negativen Effekt auf die Füchse(Beute2) hat. Zudem spielt Konkurrenz um Ressourcen eine wichtige Rolle, z.B. wenn beide Beute-Arten dasselbe fressen.

Hypothese müsste durch experimentelles Anheben der Dichte der Füchse/Beute 1, und Messen der Veränderung in der Räuber- und Beute 2-Dichte getestet werden. Ist nicht möglich, aber an der UZH:

Beispiel 2: Experimentelles Testen mit Läusen: Beute1: Graslaus frisst Gras | Beute2: Nessellaus frisst Brennessel | Räuber: Marienkäfer(larven) und parasitierende Wespen fressen beide Laus-Arten

Ansatz: Anheben der Dichte der Graslaus mit gezieltem düngen, und Messen der Veränderung in der Räuber- und Nessellaus-Dichte (diese sind in Töpfen mit Brennesseln um die Grasfelder herum)

Beobachtung: Gedüngte Flächen hatten mehr Räuber auf den Nesseln und weniger Nesselläuse.

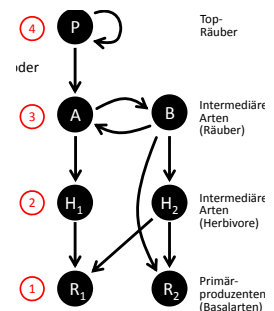
Interpretation: (1) Experimentelles Anheben der Gras und Graslaus-Dichte führt zu (2) Räuberdichtestieg, dies wiederum zur (3) Abnahme der Nessellaus-Dichte wegen scheinbarer Konkurrenz. (siehe Grafiken im Skript)

8. Nahrungsnetze *trophische Beziehungen vom griechischen Verb trophein („sich ernähren“)*

Definition: Eine Nahrungskette beschreibt die Nahrungsbeziehungen zwischen den Organismen einer Gemeinschaft ganz oder teilweise. ODER
Netzartige Verknüpfung von Nahrungsbeziehungen (Nahrungsketten) in einem Ökosystem.

Terminologie

- Pfeile zeigen normalerweise in Richtung der Arten, die gefressen werden. Räuber => Beute
- "Trophische Stufe" bezieht sich auf die Position im Nahrungsnetz (Stufe 1 ist am unteren Ende)
- Die Arten A und B sind Omnivore(Allesfresser) und in eine Feedback-Beziehung involviert
- Der Top-Räuber P ist in diesem Fall auch ein Kannibale
- es gibt auch loop-artige Nahrungsnetze



8.1 Arten der Nahrungsnetze

Verbindungs-Netz: Wer frisst wen, Räuber => Beute (klassisch, manchmal umgekehrt).

Keine Info über Bedeutung und Auswirkung der trophischen Beziehungen.

Energiefluss-Netz: quantitative Messung von Material- und Energieflüssen (dickere und dünnere Pfeile)

Funktions-Netz: Experimente über Interaktionsstärken. Fehlen die Pfeile des Verbindungs-Netzes, so hat die An-/Abwesenheit des Räubers keinen grossen Einfluss auf die Artenvielfalt seiner Beute und umgekehrt.

Beziehungen, die bei energetischer Betrachtung vernachlässigbar erscheinen, können funktional von sehr hoher Bedeutung sein.

8.2 Muster in Nahrungsnetzen

- Nahrungsketten (linear) haben zu 80% 3-5 trophische Stufen
NK sind in 2D-Habitaten, gestörten Gebieten und auf Inseln oft kürzer
- Arten von hohen trophischen Stufen haben weniger Individuen und machen deshalb einen geringeren Teil der Biomasse aus (obwohl ein Individuum absolut gesehen natürlich schwerer ist)
=> ineffiziente Energieübertragung von einer trophischen Stufe zur nächsten.

- Kurze Modell-Nahrungsnetze sind stabiler, weil sie sich schneller von Störungen erholen
 - Hohe Arten im Netz folgen dem Lotka-Volterra-Modell
 - basale Arten dem logistischen Wachstum (Selbstregulation)
 - Annahme, dass Netze mit langen Erholungszeiten und variabler Dynamik anfälliger auf Aussterben sind

8.3 Probleme mit dem Studium der Nahrungsnetze

- Oft werden wichtige Aspekte werden nicht berücksichtigt:
Arten mit geringfügigem Einfluss | tot-organische Substanz | räumliche und zeitliche Variation
=> Nahrungsnetze sind viel komplizierter, als angenommen wird
- Stärke der Beziehung ist in der Regel nicht bekannt => wenn schwach, ist Nn viel weniger kompliziert!
- Aggregation zu "trophischen Arten"

8.4 Indirekte Auswirkungen

Direkte Auswirkungen werden mit durchgehenden Pfeilen in Nn dargestellt.

Indirekte Auswirkungen werden vom Geber(A) via einen Übermittler(B) an den eigentlichen Empfänger(C) weitergeleitet. Sie können über ein Nahrungsnetz ausgemacht werden. gestrichelte Pfeile.

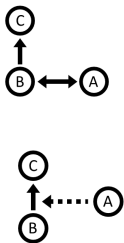
Es gibt zwei Arten von indirekten Auswirkungen:

(1) **Interaktionsketten:** auch Beziehungsketten. Häufigkeit des Überträgers verändert sich.

A wirkt auf C indem A die Häufigkeit von B entweder fördert oder hemmt.

(2) **Interaktionsveränderungen:** Häufigkeit des Transmitters bleibt gleich, aber seine pro-Kopf- Wirkung auf den Empfänger ist anders.

A wirkt auf C indem A die Beziehung zwischen B und C ändert.



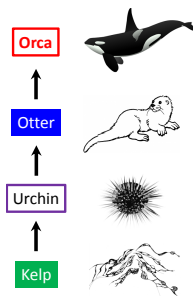
(1) **trophische Kaskade** Eine Interaktionskette, die mindestens 3 trophische Stufen beeinflusst.

Die trophische Kaskade erstreckt sich nach unten vom Schwertwal bis zum Kelp.

Top-down Kontrolle => Anhand der Häufigkeit einer Art kann auf die Häufigkeit der Arten von tieferen trophischen Stufen geschlossen werden:

Wenn Schwertwale häufig sind, dann sind Otter selten, Seeigel häufig und Kelp rar.

Wenn es viele Otter gibt, ist das ein Zeichen für wenig Seeigel und viel Kelp.



Die Hairston-Smith-Slobodkin(HSS) oder "**green world**" Hypothese:

Die Hauptfaktoren, welche die trophischen Stufen limitieren, alternieren; wobei Herbivore vor allem durch Räuber in Grenzen gehalten werden.

Mögliche Antworten auf die Frage: Wieso ist die Welt grün?

oder anders: Wieso sind nicht alle Pflanzen aufgeessen?

(1) Tot-organisches Material häuft sich nicht an, was bedeutet, dass Zersetzer Nahrungs-limitiert sind.

(2) Die Welt ist grün, was bedeutet, dass Pflanzen nicht von Herbivoren begrenzt werden.

(3) Herbivore haben viel Futter zur Verfügung. Aber sie können Pflanzen übernutzen, wenn sie selbst nicht anderweitig limitiert sind. Das heisst, dass sie limitiert sind durch Prädatoren.

(4) Top-Räuber hängen von der Verfügbarkeit ihrer Beute ab.

Unterstützung der Hypothese durch:

* Viele Experimente zeigen die erwarteten Muster von Wirkungen zwischen Arten

* Trophische Kaskaden sind häufig

* Viele "Ausnahmen machen die Regel": eingeschleppte Herbivore

Kritikpunkte:

Die Welt ist nicht wirklich grün (aber auch toxische Pflanzen haben zumindest ein Herbivor, der sie frisst)

Omnivorie, Kannibalismus, Verteidigung durch Beute, Gebrauch von Refugien können die Kaskade blockieren

* Viele Pflanzen sind nicht genießbar

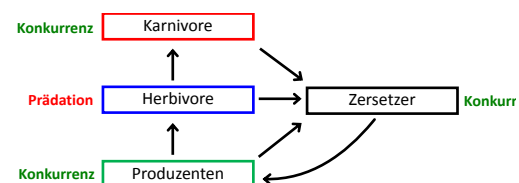
* HSS-Charakterisierung von trophischen Stufen is vereinfachend

* HSS ignoriert Interaktionen die nicht den Konsum betreffen

* HSS ist zu vage um testbar zu sein

I denke, dass das falsch ist

z.B. Interferenzkonkurrenz und Verhaltensveränderung in Beute und Räuber (unklar, wie wichtig diese sind)



(2) Interaktionsveränderung: **Merkmals-vermittelte indirekte Auswirkung** (Trait-mediated indirect effect)

Beispiel anhand von Kaulquappen (gleiche Art, aber in verschiedener Entwicklungsstadien:

C1 kleine Kk, **C2** grosse Kk) und ihrem Räuber, eine Libellenlarve **P**:

Etablierung eines experimentellen Nahrungsnetzes:

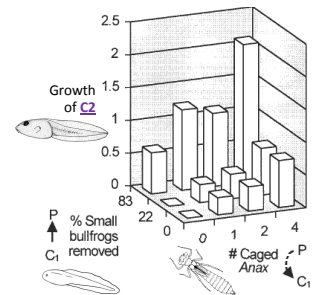
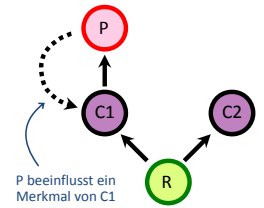
- Zwei **Konsumenten** konkurrieren um eine **Ressource** (Alge)
- Ein Konsument, **C1**, wird vom Räuber **P** gefressen (direkte numerische Wirkung)
- Der andere Konsument, **C2**, wird vom **Räuber** nicht gefressen
- **C1** verändert sein Verhalten, um den **Räuber** zu meiden (bewegen sich weniger/ unter Stein)

Manipulieren von zwei Faktoren:

- Eingesperrte Libellenlarven simulierten eine Interaktionsveränderung
- Entfernen kleiner Kaulquappen simulierte eine Interaktionskette (weniger C1, bedeutet mehr Futter für C2)

Die zwei indirekten Auswirkungen waren gleich stark:

- C2 wuchs schneller, wenn gefangene Prädatoren da waren
 - C2 wuchs schneller, wenn kleine Kaulquappen entfernt wurden
- => auch nur die Veränderung des Verhaltens von C1 beeinflusst C2 positiv, nicht unbedingt die geringere Anzahl des Konkurrenten.

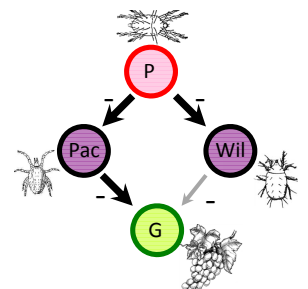


8.5 Anwendung: Nahrungsnetze

Das Wissen über die Beziehungen zwischen Arten wie z.B. Konkurrenz, Prädation, und scheinbare Konkurrenz kann für die **biologische Kontrolle von Schädlingen** wichtig sein.

Beispiel: herbivoren Milben, die kalifornische Weinberge befallen

- P** westliche Raubmilbe frisst beide Arten von herbivoren Spinnmilben:
- Pac** Pazifische Spinnmilbe, richtet am meisten Schaden an. Ziel diese loszuwerden.
- Wil** Willamette-Spinnmilbe
- G** grapes, Pac und Wil fressen beide Weintrauben



Nahrungsnetzdiagramm deutet auf zwei Ansätze von biologischer Kontrolle:

Experiment 1: **scheinbare Konkurrenz** um die pazifische Milbe zu kontrollieren

Beobachtung: **Wil** unterhält **P**, welcher hohe Dichten erreicht. **P** frisst dann **Pac**.

Ansatz: Künstliches Anheben der Wil-Population und/oder P-Population soll die Zahl der Pac reduzieren.

Resultat:

- **Wil** und **P** allein haben (falls einen) einen positiven Einfluss auf Pac => unerwünscht!
- **Wil** und **P** zusammen reduzieren die Pac-Milbenzahl => Ziel erreicht.
- Experimente im Labor zeigten, dass **Wil P** anzieht und fördert.

Experiment 2: **Veränderung in einer Beziehung (=Interaktionsveränderung)** um pazifische Milben zu kontrollieren

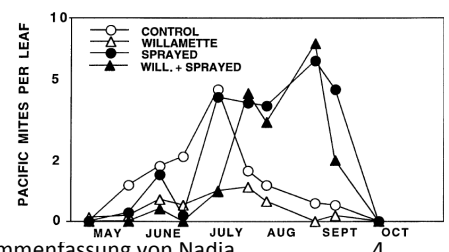
Beobachtung: **Wil** verursacht eine Merkmalsverschiebung in **G** => Induktion von chemischer Abwehr der G,Reben. Diese verursacht auch eine Veränderung in der Beziehung zwischen **Pac** und **G**.

Ansatz: Behandlung mit Insektizid, das der chemische Abwehr der Pflanze gleicht.

Resultat:

- unter natürlichen Bedingungen (Kontrolle) wird ein Hochsommer-Peak von Pac-Milben beobachtet
- Insektizid tötet P; Pac nahm spät in der Saison zu => funktioniert nur anfangs Jahr
- keine P: Wil und Pac zeigen keine direkte Interaktion. Das heisst, dass Wil die Interaktion zwischen Pac und G verändert hat.
- Frühe Will induzieren eine chemische Abwehr in G => Anzahl Will erhöhte ist immer noch die beste Idee

Fazit: Interaktionsveränderungen können gebraucht werden um die Pflanzen gegen Herbivore zu impfen.



Struktur von Ökosystemen

1.1 Biotische Komponenten (=Biozönose=Lebensgemeinschaft)

Wenn Natur=Haus:

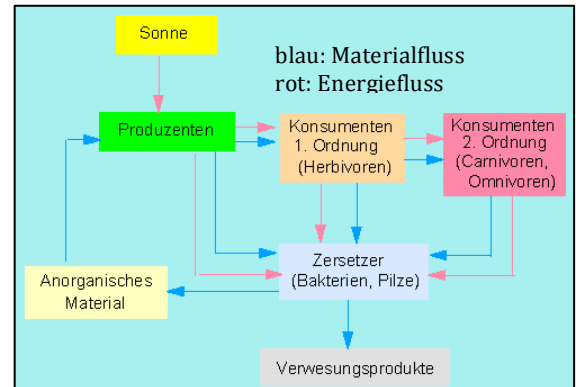
--> Ökologie=Haushalt

(dh Wechselwirkungen d. Lebewesen, Austauschprozesse => wichtig: Primärproduktion als Vergleichswert)

--> Biodiversität=Vielfalt der Bewohner (Anzahl, Verschiedenheit, Interaktion)

Ökosystem

- (willkürlicher) Ausschnitt aus Biosphäre
- +/- autonom dh. geschl. Materialkreisläufe
- +/- energieintensiv dh wieviel Energiezufuhr (bsp Stadt++, Acker+, Höhle - - da kein Sonnenlicht)



Biozönose kann verschieden strukturiert werden:

1.1.1 Hierarchische Struktur

Einteilung d. Lebensgemeinschaft in hierarchische Stufen:

Lebensgemeinschaft --> Gruppen v. Arten (bsp alle Pflanzen) --> Population --> Genotypen --> Individuen

--> Zellen --> Moleküle ==> „Zoom“: Betrachtung v. näher od. weiter weg

1.1.2 Taxonomische Struktur

Betrachtung v. Lebensgemeinschaft nach welche/wieviele Arten, & Abundanz d. vorhand. Arten --> untersch. Ökosyst. oft durch Vorkommen von best. Art-Zusammensetzungen charakterisierbar (Bsp Unterscheidung Wiese, Röhricht, Heide, etc)

Problem: ist taxonom. Zusammensetzung zufällig oder tatsächlich charakteristisch für Ökosystem?

- „Environmental filtering“ --> taxonomische Unterdispersion, denn wegen best. Umweltbedingungen ist beob. taxonomische Vielfalt kleiner als zufällig erwartet
- „Limiting similarity“ --> taxonom. Überdispersion, es kommen mehr versch. Arten vor als durch Zufall erwartet, da zu ähnliche Arten einander gegenseitig verdrängen „Spektrum wird verbreitert“

1.1.3 Funktionelle Struktur (=trophische Zuordnung)

Strukturierung d. Lebewesen in Primär- Sekundär- Produzenten, Carnivoren, Herbivoren, Detrituskonsumenten etc. Wichtig: Zersetzer interagieren mit jeder Stufe! (Für Abbildungen siehe ppt S15) => Jede Art hat eine Funktion gegenüber d. Anderen.

Bsp. Nahrungsnetz: Blattlaus/Parasitoiden-Netzwerk --> 1. Parasit befällt Blattlaus, 2.Parasit befällt 1.Parasit etc.

Bsp. Bestäubernetz: Wer bestäubt was, wie oft.

1.1.4 Funktionelle Gruppen (einfacher als troph. Zuordnung)

Einteilung nach:

- Lebensformen (best. durch Knospenlage relativ zum Boden):
 - Pannerophyten (ungeschützte Knospe)
 - Chamaephyten (Knospenhöhe -25cm über Boden)
 - Hemikryptophyten (Knospen über Boden, im Winter durch Streu geschützt)
 - Kryptophyten (Knospen im Boden) & Geophyten (Knollen-Zwiebel-Rhizompflanzen)
 - Therophyten (einjährig --> sterben ab & Überdauern als Samen)
- Morphotypen bsp. „Rosettenpflanze“, „Flachwurzler“, etc
- Körpergröße (oft bei Plankton)
- Physiotypen bsp. „C3-Pflanze“, „Sonnenpflanze“, „kalkliebend“, etc =>bezogen auf *Ressourcen*
- Merkmalskombinationen bsp Kräuter, Gräser, Leguminosen
- Lebenstrategie
 - r(-uderal)-Strategie: *Pionierpflanze* (in gesörten Habitaten: kl.viele Samen, schnelle Entwicklung, schwankende Populationsgröße, etc)
 - K(-limax)-Strategie (stabile Hab., langsame Entw., späte Reprod., stabile Pop.größe)

nach Grime: (betrachtet neben Störung v. Habitat auch Stress auf Pflanze)

Grime's Kategorien			
Störungen:	wenig	viel	
Stress:	wenig	Kompetitor (C-Strategie)	Ruderal (R-Strategie)
	viel	Stresstolerant (S-Strategie)	[„adversity selection“]

1.1.5 Stoffliche Struktur

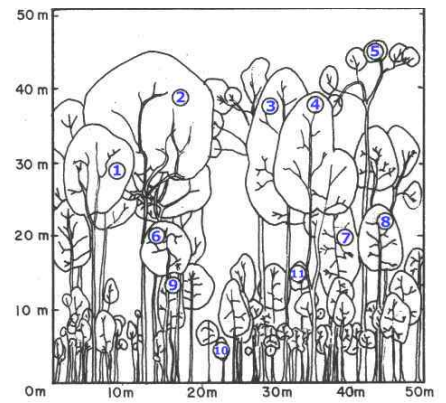
Trocknung v. Biozönose-Material bei 80-100° (--> Wasser soll nicht als produzierte Biomasse betrachtet werden) => Vergleich d. relativen Masse von:

- Biomasse (=lebende Pflanzen & tote Innenorgane)
- Nekromasse (tote Pflanzen)
- Streu
- Humus

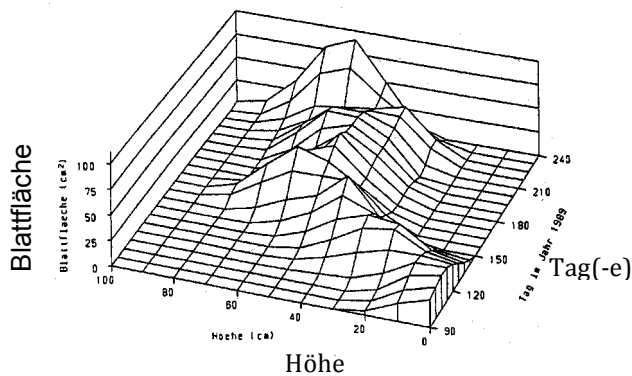
=> versch. Ökosysteme haben versch. relative Mengen dieser 4 Stoffe.
Tiere können vernachlässigt werden (bsp Vogel- zu Baummasse in Buchenwald)

1.1.6 Räumliche Struktur (=Architektur)

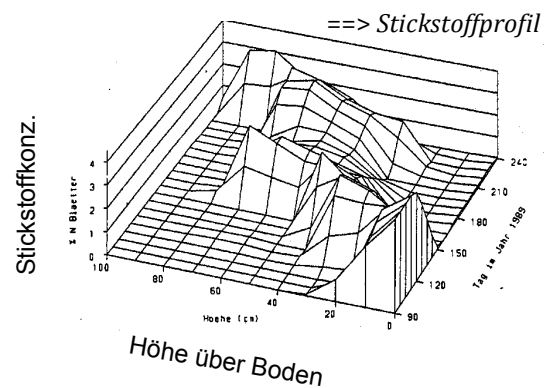
- Höhe
- Schichtung
- vertikale Blattfläche
- Biomasseverteilung
- Wurzeltyp, - tiefe, - länge, Biomasseverteilung
- *Blattflächenindex LAI* = einseitige Blattfläche pro Bodenfläche (wenn hoch dh. viele Blätter übereinander. normal ca. 5-8)



==> Vegetationsprofil



==> Blattflächenprofil



==> Stickstoffprofil

Generelles Problem bei Ökologie: keine Modelle! (nicht wie in Genetik: Arabidopsis, Entwicklung: Zebrafisch, etc)

Ideales „Modell-Ökosystem“ hätte folgende Eigenschaften:

- Representativ für natürliche Ökosysteme
- Realistische Komplexität, z.B. terrestrisch mit Produzenten und Zerlegern
- Kleine Größe, schnelle Entwicklung
- Hohe Stabilität und Prediktabilität
- Wenige Arten / Genotypen, starke Interaktionen
- Arten mit langer „Koexistenz-Erfahrung“
- Leicht replizierbar auf der ganzen Welt
- Leicht im Labor aufzubauen
- Einheiten und Interaktionen gut definiert und beobachtbar
- Gut messbare Ökosystemfunktionen
- Leicht manipulierbar (z.B. Änderung der Anzahl Einheiten)
- Einbezug von Modell-Organismen (*Arabidopsis*, *Caenorhabditis*, Bakterien)?

1.2 Abiotische Komponenten (=Biotop)

1.2.1 Standort, Wuchsort, Habitat

Standort --> einheitliche Standortfaktoren:

- Klima
- Relief
- Boden
- biot.Einflüsse v. anderen Arten

Wuchsort --> tatsächlicher Fundort d. Art

Habitat --> Summe d. Wuchsorte einer Art im Biotop (alle Lebewesen an best. Habitat angepasst) bsp: 1 Schicht im Wald = Habitat für 1 Vogelart

Biotop --> Summe d. Habitate (alle Arten) an einem Standort bsp: alle Schichten zusammen --> verschiedene Schichten, aber innerhalb v. Biotop *einheitlich heterogen*

Ökosystemingenieure --> Landschaft-verändernde Tiere (bsp Elefanten, Biber, etc)

Umweltfaktoren --> im Gegensatz zu Standortfaktoren (=fix) kurzfristig variabel:

- Strahlungsangebot (am Waldboden je nach Sonnenstand an untersch. Orten Sonnenflecken)
- Wärme (im hochalpinen Bereich je nach Untergrund/Sonnenstand bis zu 60° Unterschied!)
- Feuchtigkeit (je nach Tageszeit/Wärme/Einstrahlung untersch. Transpiration)
- Chemische Faktoren (bsp CO2 Gehalt, pH von Boden)
- mechanische Faktoren (Wind, Stürme, Feuer, etc)
- Biologische Faktoren (bsp Pathogene: Pilz, Borkenkäfer,...)

1.2.2 Klima und Mikroklima

Klima = durchschnittlicher Wetterverlauf (übers Jahr)

Unterschiede durch zeitlich untersch. Verteilung v. Energiezufuhr (Sonne) & Niederschlag --> beeinflusst durch 1) Breitengrad 2) Höhe über Meer 3) Landmassenverteilung

humid: Jahresniederschlag > potentielle Evapotranspiration

arid: Jahresniederschlag < potentielle Evapotranspiration

Klimadiagramm:

links: Temperaturskala

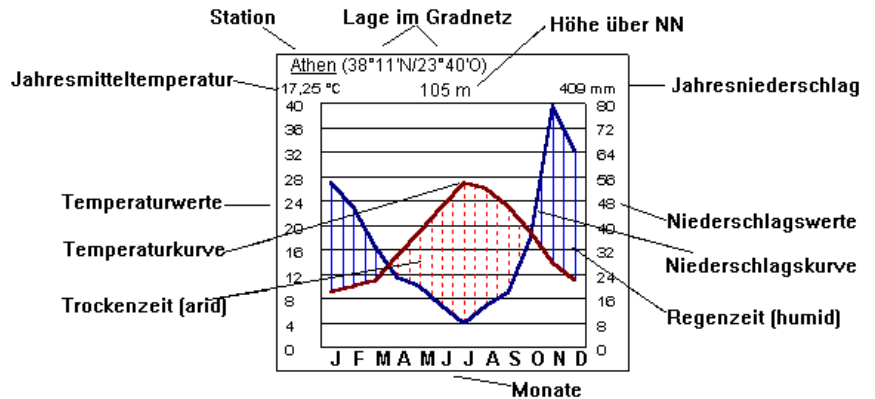
rechts: Niederschlagsskala

--> immer so geeicht, dass 10° auf d.

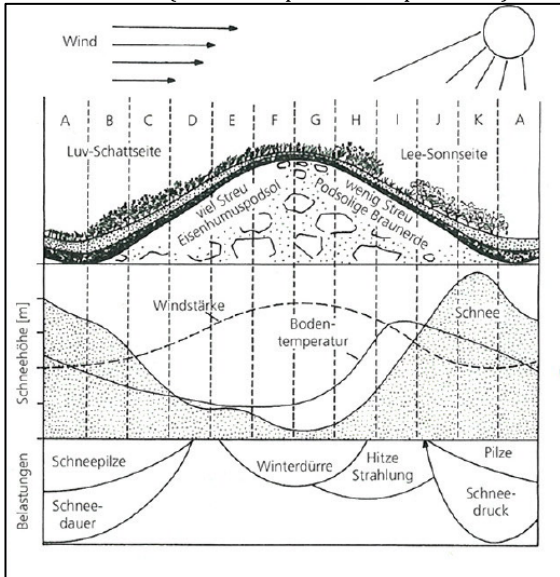
Höhe v. 20mm Niederschlag

Klimadiagramm

(weitere Bsp siehe Skript Nr2S.6)



Mikroklima (Wasser-Bsp siehe Skript Nr2 S8)



Mikroklima

v.a im Gebirge: sehr anders als Klima!

--> Gebirge: tropisch warme Tage & kalte Nächte

(Mikroklima für Ökosystem wichtiger, interessiert sich nicht für Durchschnittswerte)

Relief & Ökosystem modifizieren Klima zu Mikroklima

(bsp Wald: hält Temperatur konstanter als Rasen, in Bergen mehr Schwankungen als im Tal etc)

Anpassungen besonders bei „cushion plants“ (Vorkommen zbsp auf Hausdächern): können Innentemp. halten

--> grosse Tempunterschiede zwischen Pflanze innen & Umgebung!

Bsp Waldgrenze: evtl nur durch Temperatur?

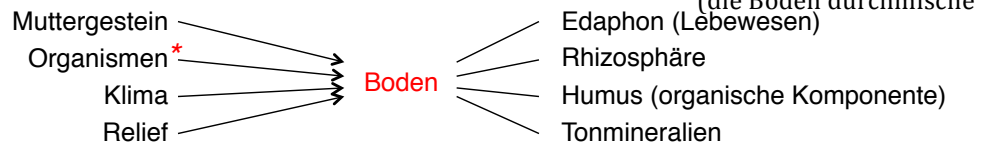
--> Hypothese: Wald schränkt seine eigene Temperatur & damit Verbreitung in Höhe ein.

1.2.3 Boden

= offenes, poröses System ==> im Austausch mit Umgebung!!

Bildungsprozesse:

- Verwitterung
- Verlagerung
- Humusbildung
- Mineralbildung
- Gefügebildung



--> Untersuchung von Böden nach

- pH (sauer: Hochmoor, basisch: Auenwald)
- vertikaler Differenzierung (Wald gross: versch. Schichten: Streu etc.; Wiese klein)
- Ausgangsmaterial (Muttergestein)
- Textur (Korngrösse)
- Humusgehalt: Ton/Humus macht Komplex mit Kationen(Nährstoffe)
--> wenn Boden zu sauer: H⁺ Ionen verdrängen andere Kationen => werden ausgewaschen!
- Gliederung d. Schichten in *Horizonte*:

1) *Auflagehorizonte*:

- L=Streu
- F
- H=Humus } fehlen bei sehr günstigen Abbaubedingungen

2) *Mineralbodenhorizonte*:

- A=Oberboden
- E=Auswaschungshorizont
- B=Verwitterungshorizont
- G=Grundwasser
- C=Muttergestein

==> Typisierung Bsp:

A-C Böden = jung

A-B-C Böden = Verwitterungsböden

A-E-B-C Böden = Gestein mit Verlagerungsprozessen

==> Böden haben starke, kleinräumige Variabilität!!

2. Primärproduktion

= durch Pflanzen assimilierter Kohlenstoff (-> gemessen wird getrocknete Biomasse --> davon ca 50% C)
Weltweit ca. 80% von C in Boden gespeichert, Rest v.a. in Bäumen & v.a in Tropen

Nettoprimärprod. (NPP)

= (Bruttoprimärprod.(=alles was Pflanzen assimilieren) - Σ Respiration (dh was Pflanzen selbst für Metabolismus wieder verbrennen))

--> alle 3 schwer zu bestimmen: an Stelle misst man Änderung d. Biomassevorräte ΔB pro Jahr

$NPP = \Delta B + \text{Biomasseverluste} + \text{konsumierte Biomasse} + \text{Exporte}$ (zbsp dissolved organic matter)

--> wiederum fast alle schwer zu bestimmen:

==> „NPP“ = Ertrag = ΔB (pro Fläche/pro Jahr) [g/(m²*a)] --> Global ca. 230Mill Tonnen pro Jahr!

NPP weltweite Verteilung: am meisten Biomasse-Kohlestoff-Ertrag am Äquator, gegen Pole abnehmend; in Ozeanen viel weniger Ertrag pro Fläche (insg. aber etwa 50% v. globalem NPP) aber: an Küsten gleich viel Produktivität pro Fläche wie an Land! (Algenkulturen bis 10'000 g/m²*a, Kulturpfl. nur 7000)

wichtig: Unterschiede nicht bed. durch Vegetation, sonder NUR durch untersch. Vegetationsperiode (wenn von allen Ressourcen genug, könnte Alpeide genauso produktiv sein wie Regenwald)

- ca 50% d. globalen NPP pro Jahr werden von Menschen verbrauch!!
- NPP abh. von Strahlungs-, Wasser-, Nährstoff- & Kohlenstoffhaushalt

2.1 Strahlung & Energiehaushalt

2.1.1 Sonneneinstrahlung & Absorption im Ökosystem

- ausserhalb Atmosphäre: Strahlung = „Solarkonstante“ = 1400 W/m²
- innerhalb Atmosphäre: „Globalstrahlung“ => ca.50% v. Solarkonstante, Rest v. Atmosphäre absorb.
 - o ca. 50% „Licht“ (=380-780nm)
 - o ca. 50% P(hotosynthetic)A(ctive)R(adiation) dh 400-700nm
- PFD = Photonenstromdichte --> bei uns max. ca. 2000 micromol/(m²*s)
- Globalstrahlung aufgeteilt in:

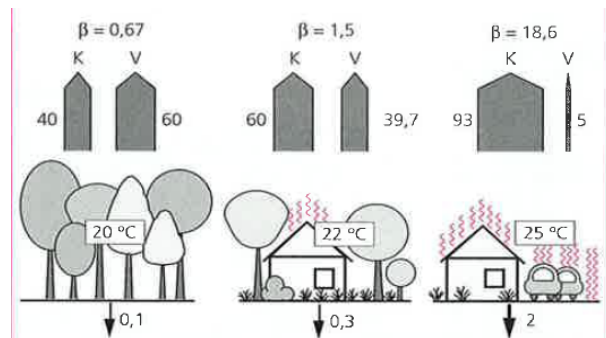
- o Reflexion (je nach Untergrund& Vegetation --> Schnee 80%, Nadelwald nur 10% reflektiert)
- o Strahlungsbilanz (was Ökosystem absorbiert)

- 1-2% für Primärprod.
- Thermische Abstrahlung
- Wärmekonvektion **K** (fühlbarer Wärmestrom --> Masse v. Blätter zu kl. um Wärme zu speichern --> geben sie in d. Nacht ab --> Erwärmung d. Luft)
- >80% Transpiration **V** (nicht fühlbarer Wärmestrom)

==> **Bowenverhältnis:** $\beta = K/V$

=Verhältnis v. Abstrahlung zu Transpiration eines

best. Untergrundes (wenn <1: gute Wasserversorgung; in Städten sehr grosses β)



Clickerfrage: Wenn Blatt abgeschnitten wird:

- erhöht sich seine Temp.
- Spaltöffnungen geschlossen (da Turgor abfällt)
- wird Photosynthese eingeschränkt (da Phloem nicht mehr abtransportiert)
- erhöht sich mittelfristig Transpiration (Blatt versucht Temp auszugleichen, kann aber nicht, da kein H₂O nachfließt.)

2.1.2 Vertikale Lichtverteilung im Pflanzenbestand

Intensitätsabnahme (Beer-Lambert) $I = I_0 * e^{-k LAI}$

--> k: abh. von Blattwinkel, Dicke, Grösse => wieviel Licht kommt durch Vegetationsschicht

--> LAI = Leaf Area Index = Blattfläche pro Bodenfläche

Berechnungsbeispiel siehe ppt-Folien Schmid Nr.3 S.14

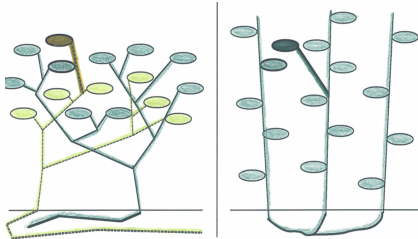
2.1.3 Unterschiede zwischen Ökosystemen

Wälder: hohe Lichtabsorption oben; Wiesen hohe Absorption unten (Grafiken siehe ppt-Folien)

--> natürliche Ökosysteme: optimale Bestandesstruktur nicht kompatibel mit indiv. Fitnessoptimierung durch Selektion! (Bsp Spieltheorie: Population mit nur „Falken“ (Angriff) oder nur „Tauben“ nicht stabil, Pop. mit richtigem Verhältnis v. Tauben & Falken aber stabil)

--> Landwirtschaft: Problem kann durch künstliche Selektion überwunden werden => Ertragssteigerung durch Mischkulturen

Probleme bei Optimierung von Bestandesstruktur am Beispiel v. Blattstickstoff: gemessenes Stickstoffprofil reflektiert nicht die optimale Kurve (bei der Blattstickstoff mit kumulativem LAI abnehmen würde (je weiter unten desto mehr kumulierte Blattfläche pro m²)– dh wo weniger Licht hinkommt, weniger Blattstickstoff) sondern in unteren Schichten mehr und in Oberen weniger **Stickstoff** als erwartet --> nicht optimal, aber evolutionär stabil!



Bsp:

links: Aster (Äste=kein Problem, denn fremde Pflanze wird beschattet)

re: Goldrute (Äste hiesse Selbstbeschattung) --> viel besseres Bestandesprofil!

--> altruistisches System bringt aber nur innerhalb Pop. von Altruisten Etwas!

2.1.4 Rotlichtsignale im Ökosystem

Pflanzen absorbieren v.a Rotlicht (ca.660nm) --> bei transmittierten&reflektierten Strahlen ist Verh. Intensität Rotlicht(R)/Intensität Dunkelrot(FR) kleiner als vor dem Auftreffen d. Strahlung auf Vegetation. Information genutzt zur:

--> Konkurrenzvermeidung: Samen keimen erst wenn Verh. stimmt (dh Waldlichtung entstanden ist)

--> Satelliten: Messung v. *Normalized-Differential-Vegetation Index* NDVI= $(I_{730} - I_{660}) / (I_{730} + I_{660})$

(wenn NDVI grösser --> dh mehr Vegetation auf der Erdoberfläche: ca. -1-->Wasser; ca.0--> Wüste; ca.1--> Wald)

2.2 Wasserhaushalt

C3 Pflanzen: 1kg Pflanzenmasse --> 500-1000L Wasser (C4 Pflanzen --> nur 250-400L!)

Wasserausnutzungskoeffizient: WUE = Ertrag (g TS)/Wasser (L)

--> wenn Kornertrag 50% d. Gesamtmasse => WUE ca. 0.5-1

Wasserhaushaltsgleichung:

Niederschlag = Evaporation + Transpiration + Interzeption + Abfluss + Änd.Bodenwasser

= Bodenverdunstung + Pflanzenverdunstung + BenetzungH₂O + Flüsse + ΔH₂O Bodenspeicher

= Evapotranspiration (ET) + Abfluss (A) [+Änderung Bodenwasser (dB)=ca.0]

--> wenn Waldrodung geht Interzeption I in Abfluss A!

Clicker: Einfluss v. hoher Artenzahl (Wald) auf Bodenerosion?

- 1) viele Arten --> jede Schicht in Blätterdach ausgenutzt --> hoher LAI => Grosser H₂O Anteil zurückgehalten => weniger Erosion!
- 2) versch Arten --> Wurzeln nutzen versch. Bodentiefen --> gute Durchwurzelung => weniger Erosion!

Wasseraufnahme: 1m gut durchwurzelter Boden besteht aus ca. 50% Poren --> theor. mit 500mm H₂O füllbar praktisch nur ca. 25% verfügbar, denn 25% d. Poren zu grob für H₂O Aufnahme (Würmer) oder zu fein.

--> Mitteleuropa: ohne Niederschlag Reserve für 1 Monat

--> Deuterium & ¹⁸O Isotope ermögl. Analyse ob Pfl. neues(leicht) oder altes (schwer) H₂O verwenden => Vgl. v. Isotopenverhältnis in Niederschlag und Grundwasser beweist „Hydraulic Lift“: in Stammnähe Grundwasser nachgewiesen (Baum pumpt H₂O in höhere Schichten) davon können einige Pflanzen profitieren --> ermöglicht ihnen Wachstum auch unter Blätterdach vom Baum

2.2.2 Kontrolle d. Wasserverlusts --> 6 Stufen d. Reaktion auf Wassermangel:

1	2	3	4	5	6
Transpirationsreduktion bei Dampfdruckdefizit v. 8-25 mbar auch bei feuchtem Boden!	Abiscinsäureprod. = Wurzel-signal bei Feinwurzel-trockenheit (Rolle v. ABA?)	Turgorverlust => Stomata-schliessung (=“Welken“)	Verstärkte Investition in Wurzelbildung* (braucht Zeit)	Blattwurf	Ersatz d. besteh. Artengarnitur

*=Ressourcenallokation: Lichtmangel--> Investition in Blätter; Wassermangel--> Investition in Wurzeln

Anpassungen an H2O-Mangel:

- Ausweichmethode (Laubabwurf in Trockenzeit; Überdauerungsorgane bsp Samen)
- Vermeidungsmethode (Tiefwurzler; Sukkulente)
- echte Resistenz (Poikilohydre Pfl trockenem völlig aus, bsp Moose od Ressurrection Plants)

Konsequenzen v. Anpassungen:

- dass auf Niveau Blatt kein H2OMangel --> deshalb in Wüste und Buchenwald ca. gleiche Transpiration & Leistungsfähigkeit der einzelnen Blätter
- genet. Fixierung v. suboptimaler H2OAufnahme, da „sparsamerer Umgang“ mit H2O => mehr Ertrag
- Kompensatorische Reaktionen d. Stomata auf Bedürfnisse v. Gesamtpflanze (bsp Goldrute)

2.3 Nährstoffhaushalt

wichtigste Nährelemente: Phosphor (aus anorg. Bodenmaterial) & Stickstoff (aus Atmosphäre od Boden)

2.3.1 Verfügbarkeit: Mineralisierung durch Mikroorganismen

Tropen: Mineralisierungsrate mit Pfl.Wachstum gekoppelt

Saisonal: Speicherung (Ionenaustaucher, Mikroorganismen, Pflanze)

--> bei Verlust (bsp Brand) liefern N-fixierende Pfl. Nachschub, diese brauchen wiederum viel P (Mykorrhiza)

=> Bestände nicht nur durch ein Nährstoff limitiert, denn oft gekoppelt!

2.3.2 Quellen & Senken für N: In Pfl. viel mehr N als P (va. für Proteine) am meisten N in Blättern

N-Quellen:

- Rezyklierung (Nitrosomonas&Nitrobakter beim Abbau v. toten Pflanzen)
- Feuer (Blitze, Vulkanismus, Brände etc)
- freilebende Cyanobakterien
- Knöllchenbakterien d. Leguminosen
--> Wälder brauchen ca 5-6kg N/(ha*Jahr), in Mitteleuropa Düngung: 20-30 kg/(ha*Jahr) verwendet!!
=> Überschuss v. N führt zu Gewässerüberdüngung! (=Eutrophierung)
=> ideale Düngung: kontinuierliche klein(st)e Mengen, damit kontinuierliche Aufnahme!

N-Senken:

- Pflanzengewebe (--> ermöglicht Frühjahrsaubtrieb!) bsp Nadelbäume: va. in älteren Nadeln
- Humus (dem Kreislauf schwer zugänglich, aber Auswaschung bei Waldrodung!)

2.3.3 Stickstoffstrategien d. Pflanzen:

Pfl. mit Blätter mit viel N (--> viel Rubisco!)	Pfl. mit Blättern mit wenig N
<ul style="list-style-type: none"> • kurze Fktsdauer --> schnelle Rezyklierung • dünne Blätter • geringe C-Kosten • hoher LAI • anfällig auf Herbivorie (<i>wegen</i> viel N!) • schnelles Wachstum <p>=> Pionierarten (& Pflanzen mit Laubfall)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • lange Fktsdauer --> Konservierung statt Rezyk • kl. dicke Blätter • hohe C-Kosten • tiefer LAI • weniger Herbivorie • langsames Wachstum <p>==> Klimax-Arten</p>

untersch. Strategien führen zu ähnlicher Gesamt-Fitness --> versch. Strategien innerhalb Ökosystem möglich
--> aber: innerhalb Art nicht die gleiche Korrelation!! Denn N va. in Proteinen, häufigstes Pfl.Protein ist Rubisco, am meisten N also dort wo viel Photosynthese dh in den dickeren, kleineren, Sonnenblättern
=> SpecificLeafArea SLA [cm²/g] tief, dort wo [N] hoch ist

2.3.4 Nährstoffaufnahme durch Pflanzen

Einschränkung: N im Boden und nicht mineralisiert. Auch mineralisiertes N kann nur mit H2O aufgenommen werden, deshalb oft H2OMangel = N-Mangel!

Evtl Erklärung für Hydraulik-Lift:

Bäume pumpen H2O hinauf, um Nährstoffe in oberen Schichten aufnehmen zu können.

Clicker: Einfluss v. Leguminosen auf Produktivität v. anderen Pflanzen:
 1) Fläche mit höherem Leg.Anteil --> andere Pfl haben höheren Stickstoffgehalt
 2) wenn höherer Stickstoffgehalt auch zunahme d. Biomasse d. and. Pflanzen

Ausserdem: Zusammenarbeit mit Mykorrhiza --> stellen N zur Verfügung, bekommen dafür Kohlenhydrate

2.3.5 P & N global: „NPP“ lokal va. durch H2O & P beeinflusst (CO2, Licht & N2 global ca. gleichmässig)

bsp in Ozeanen: Eintrag durch Staub --> Voraussetzung für dass Cyanobakterien N ins System bringen!

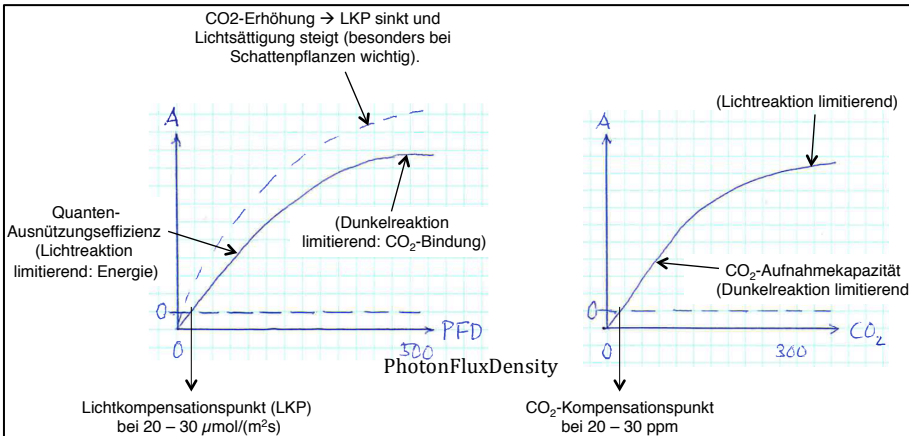
2.3.6 andere Nährstoffe: Kalium (Landwirtschaft); Kalzium (es gibt Pfl bei denen Kalk Teil des Metabolismus); Schwermetallpflanzen („Phytosanierung“ – Pfl. zur Bodenreinigung); Salzpflanzen

2.4 Kohlenstoffhaushalt

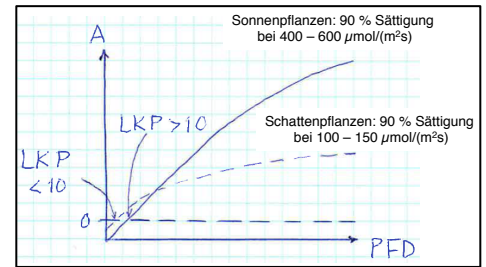
Nettophotosyntheserate=Assimilation A = Bruttophotosynthese (meist pro Blattfläche) – Lichtatmung

Atmung = „R“ --> meist pro Trockensubstanz (TS)

Abhängigkeit v. Licht & CO₂:



Sonnenpflanzen brauchen mehr Licht für positive Nettophotosyntheserate (= höherer Lichtkompensationspunkt), sind aber auch später gesättigt



Abhängigkeit v. Atmung sehr schwierig zu messen:

- Gewebeaktivität (Atmung v.a im „weichen“ Gewebe zbsp Blätter, Wurzeln)
- Entwicklungszustand (je nach Entwicklung untersch. Anteil an weichem Gewebe)
- Photosyntheseleistung
- Stress
- Temperatur (Klimaerwärmung hat Einfluss auf Atmung --> mehr Atmung!)

2.4.2 Wachstum: Wachstum = Σ Photosynthese - Σ Atmung

- Einfluss auf Σ PS haben v.a Blattlebensdauer & die Blattfläche/Gesamtpflanze, nicht so sehr die PSrate!
- Einfluss auf die ΣAtmung hat v.a die Aktivität d. C-Senken

Clicker:

- 1) Wachstumsbedarf steuert Photosyntheseaktivität (nicht umgekehrt!)
- 2) Ertragssteigerung nicht durch Selektion auf max. Photosyntheserate, sonder besser auf gute Allokation (dh. Einbau d. Assimilate am gewünschten Ort)

2.4.3 Wachstumsanalyse

Pflanze gleicht Mängel durch geschickte Allokation aus.

Allokation der Trockensubstanz (TS) aufgeteilt in:

- o Blätter (LeafMassFraction=LMF)
- o Sprossachsen (StemMassFraction = SMF)
- o Wurzeln (RootMassFraction = RMF)

--> untersch. Anteile je nach Art, Entwicklung, Ökotyp, Standort
wichtig für Wachstum:

	Organebene:	Pflanzenebene:
lichtabsorbierende Blattfläche	SLA (=Blattfläche/Trockensubstanz)	LeafAreaRation [m ² /g] = LMF * SLA
nährstoffabsorbierende Wurzellänge	SRL (=Wurzellänge/TS)	RootLengthRatio [m/g] = RMF * SRL

relative Wachstumsrate: **RGR = ULR * LAR**

$$\begin{aligned}
 1) &= \text{Änderung d. Wachstums pro Tag} \\
 &= \text{UnitLeafRate} * \text{LeafAreaRation} \\
 &= (\text{TS} / (\text{Gesamtblattfläche} * \text{Tag})) * (\text{m}^2/\text{g}) \\
 &= [\text{d}^{-1}]
 \end{aligned}$$

2) = Änderung d. Biomasse pro vorhandene Biomasse (wenn mehr da ist --> mehr Zuwachs)

=> bei konstanten Bedingungen ist Wachstum exponentiell!

Vegetationstyp	LMF	SMF	RMF	SLA	SRL	LAR	RGR
krautige Pflanzen	0,25	0,45	0,30	25	50	6	0,15
saisongrüne Bäume	0,02	0,85	0,13	12	–	0,24	0,02
immergrüne Nadelbäume	0,04	0,83	0,13	3	–	0,12	0,02

2.4.4 C3 & C4: Auswirkung von +CO₂ auf Konkurrenz? -->

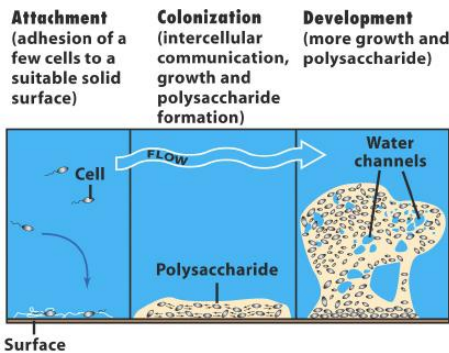
Mikrobielle Strategien und Anpassung an Lebensräume:

Mikrobielle Biofilme:

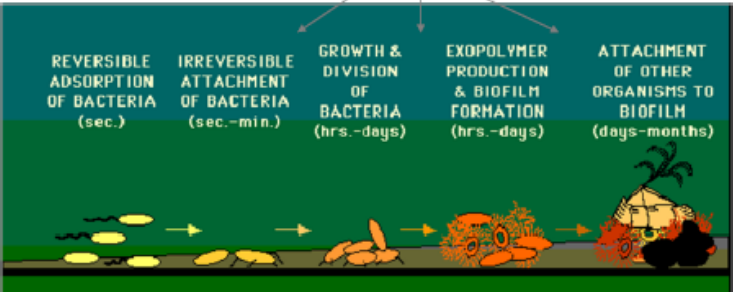
- Gemeinschaft aus verschiedenartigen Bakterien
- Bilden sich an Grenzschichten von festen Oberflächen und Wasser
- Kleben an der Oberfläche
- Erzeugen extrazelluläre polymere Substanzen (EPS) zur Befestigung, zum Schutz, und um Interaktionen zwischen Bakterien zu erleichtern (mikrobielle Kommunikation: "quorum sensing")

Biofilmreifung: Anheftung von Bakterien an Biofilme

Biofilmreifung



Die gebildete Matrix kann chem. Milieu kontrollieren, die Diffusion ist verlangsamt, dadurch Schutz vor Antibiotika, da Flussrate verlangsamt. Sauerstoffversorgung schwierig, autotrophe MOs bilden O₂ aus Sonnenlicht, das sie im dunkeln wieder verbrauchen.



Lebensräume für mikrobielle Schädlinge:

- Pathogene: Cystische Fibrose, Harnwegs-infektionen, Pneumonie, Osteomyelitis etc etc.
- Bakterien in Biofilmen sind bis 500x resistenter gegen Antibiotika und Desinfektionsmittel als freilebende Zellen
- Ablagerungen in Trinkwassersystemen, Zahnbelag (*Streptococcus mutans!*), auf Schiffen, Pipelines

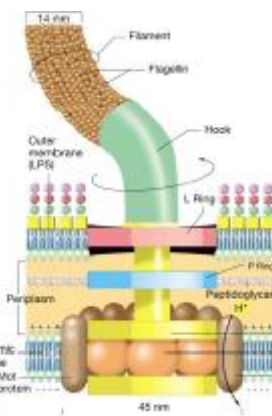
Lebensraum für nützliche Mikroben:

- Spielen entscheidende Rolle bei der biologischen Klärung von Abwässern ("trickling bed" filter)
- "Bioremediation": Grundwasserkontamination, Ölteppiche, Abwässer aus dem Bergbau

Beweglichkeit freilebender Bakterien:

->**Flagellenbewegung:**

- > 40 Gene involviert (inklusive Regulatoren)
- Bewegung durch Propeller-artige Maschinerie
- Treibt Zellen mit einer Geschwindigkeit von bis zu 60 Zellängen / s an (entspricht 2.5x der Beschleunigung eines Geparden)
- Nicht garso "teuer": ca. 10% des Energiebudgets; steht in keinem Verhältnis zum möglichen Gewinn



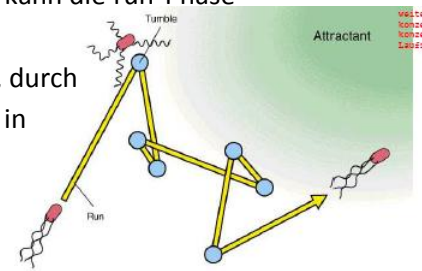
->**Typisches Bewegungsmuster:** „Tumble and run“ vergleichbar mit Diffusion, wenn sie keine

Konzentration von Nährstoff messen, taumeln und rennen sie in zufällige Richtung. Sobald ein Lockstoff anwesend ist misst die Zelle in der Tumble phase die Konzentration und kann die run-Phase verlängern und näher an den Stoff zu gelangen.

->**Messung von Chemotaxis:** Röhrcchen mit Lockstoff in die Bakterienkultur halten, durch Diese Tumble and run Bewegung sammeln sich die Bakterien im Röhrcchen. Wenn in Diesem Röhrcchen ein Hemmstoff enthalten ist entfernen sie sich von diesen.

->**Tagesrhythmische und saisonale Muster der Motilität:**

-Tagsüber sind sie sehr aktiv, schwimmen den photosynthesebetreibenden Algen hinterher, nachts löst sich der Gradient auf, Bakterien verschwinden.



Häufigkeit von "tumble" und Länge von "run" hängt von wie derholten Konzentrationsmessung in der "tumble"-Phase ab

-Im Sommer rentiert sich die Beweglichkeit, da viele Nährstoffe vorhanden.

-Im Winter bewegen sie sich weniger um Energie zu sparen.

Typen der Taxis:

- Phototaxis - Licht
- Aerotaxis - Sauerstoff
- Osmotaxis – Osmolarität
- Magnetotaxis - Erdmagnetfeld

Bodenbakterien:

-leben in extrem heterogenen Mikronischen

-Sauerstoff meist knapp in Bodenpartikeln

-sie bilden Endosporen um sich an Bodenbedingungen anzupassen

Endosporen:

-"Erfindung" der Gram-positiven Bakterien: Bodenbakterien !!!

-Resistent gegen Hitze, Strahlung, Trockenis, Säuren, Chemikalien

-Besitzen keine RNA!

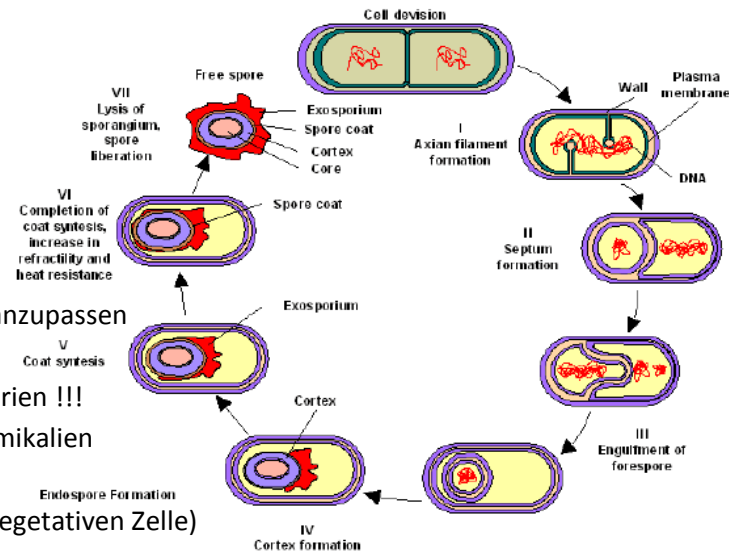
-Entwässert (nur 10-30% H₂O des Wassergehaltes der vegetativen Zelle)

-Enthalten Dipicolinsäure (Thermoresistenz)

-Endosporenbildung ausgelöst durch suboptimale Wachstumsbedingungen

- Bei guten Bedingungen keimen Endosporen innerhalb von Minuten

-250 Millionen Jahre alte Endosporen können zur Keimung gebracht werden



Symbiosen zwischen Mikroben und Eukaryoten:

Legionellen: = Trojanische Pferde

- 58. Treffen der Pennsylvania American Legion (1976):
- 221 der 4400 Teilnehmer erkrankten (29 Todesfälle)
- atypische Lungenentzündung
- erst nach 6 Monaten wurde Erreger isoliert – *Legionella pneumophila*
- Legionellose: Legionärskrankheit, Pontiac Fieber, extrapulmonare Infektionsherde

Legionärskrankheit:

- Infektion primär durch Aerosole
- Keine Ansteckung von Patient zu Patient
- Makrophagen werden befallen
- Lungenentzündung mit 10-20% Sterblichkeitsrate
- 1-13% aller Lungenentzündungen durch *Legionella* verursacht?
- 2-10 Tage Infektionszeit
- Befall der Alveolen und Bronchiole

In Protozoen:

- Amöben aus fast allen Trinkwassersystemen isolierbar
- V.a. in Acanthamoeba, Hartmanella, Naegleria; auch nachgewiesen in: Saccamoeba, Vexillifera, Platyamoeba;
- auch in Ciliaten: Cyclidium, Tetrahymena (Insgesamt 13 Amöbenarten + 2 Ciliatenarten)
- Legionellen werden nicht verdaut, können sich im Wirt vermehren
- V.a. Zysten-Stadien der Protozoen für Resistenz von Legionellen bedeutend

Killersymbiose von Bakterien mit Ciliaten: (hier ist es für die Bakterien nützlich die Parasiten nicht zu verdauen)

- Individuen können zum Tod anderer Individuen führen
- Killerzellen** – besitzen diese Partikel von Ciliaten, sie sind toxisch
- Sensitive Zellen - sterben, besitzen Partikel nicht, sie sind nicht toxisch
- Killerzellen **inter- und intraspezifisch** wirkend

Partikel: *Caedibacter caryophila*

- Bildet **toxische Zellen** (alle befallenen Paramecien sterben (und andere Arten ebenfalls))
- nicht-toxische Zellen** (Nur Paramecien mit dem K-Allel können von Bakterienzellen kolonisiert werden (und damit Resistenz gegen toxinproduziere Bakterienzellen erwerben))
- Wenn ingestiert – vermittelt es Toxinresistenz
- Ciliaten: bestimmtes Allel entscheidet ob Bakterien verdaut (k) oder enzystiert (K) werden

Anaerobe Ciliaten und ihre Symbionten:

- >Ciliaten: an sich aerob lebende Protisten; sekundär an anaerobes Leben angepasst
- >Enthalten Hydrogenosomen = „Anaerobe Mitochondrien“

Endosymbionten:	Ektosymbionten:
-Schwefelpurpurbakterien	-Schwefelpurpurbakterien
-Methanogene Archaeobakterien	-Sulfat-Reduzierer
	-Methanogene Archaeobakterien

Symbiose mit Archeobakterien:

- Hydrogenosomen sind kleine Organellen ähnlich wie Mitochondrien die Pyruvat zu Acetat vergären. Dabei entsteht freier Wasserstoff, starkes Redaktionsmittel, toxisch.
- Ciliaten gehen dadurch enge Symbiosen ein mit Methanogenen Archeobakterien ein: der Wasserstoff wird mit CO₂ zu CH₄, dadurch ist die Wasserstoffkonzentration niedrig gehalten

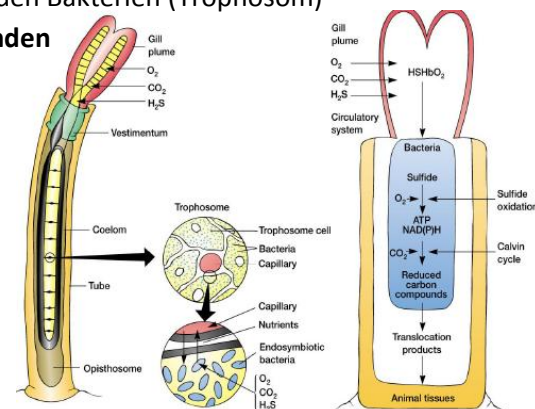
Niedere Termiten: komplexe Symbiose von Flagellaten und Bakterien im Enddarm (anaerobe Gärkammer) der Termiten

- Flagellaten** verdauen Cellulose zu Acetat (für Termiten), dabei entsteht ebenfalls Wasserstoff
- Bakterien:** Methanogenese (Treibhausgas) der Wasserstoff wird konsumiert zu Methan, aufrechterhaltung des (anaeroben) Milieus, N₂-Fixierung (Stickstoff für Biosynthese generieren, denn Cellulose ist nur Kohlenstoff), sind frei an Darmwand, an und in Flagellaten (Spirochaeten)
- => kleines Ökosystem, alle Komponenten wichtig um es zu erhalten.

Unterseeische heiße Quellen:

- >**Geothermale Austritte:** (unabhängig von Sonnenlicht)
- Anoxisch (kein O₂)
- Hohe Konzentrationen von Sulfid
- Temp bis 350°C (dadurch heizt sich Umgebungswasser bis 25°C auf) = stabiler Temperaturgradient
- >Habitate für endemische Arten:

- **Röhrenwurm:** *Riftia pachyptila* bilden Symbiose mit schwefeloxidierenden Bakterien (Trophosom) H₂S wird über Kiemen aufgenommen und im Blut **an Hämoglobin gebunden** zu den Symbionten (autotrophe Schwefeloxidierer) transportiert. Diese geben organischen Kohlenstoff an den Wurm ab



Mikrobielle Evolution in Experimenten

->Die Artbildung kann nur indirekt rekonstruiert werden, sie geht über tausende von Jahren
->es werden ihre Genome zur Erforschung verwendet (Genom Paläontologie an *Yersinia* spp. gezeigt s. 4)

Experimentelle Ansätze: Evolution in „Echtzeit“:

->Ursprung von Mutationen: (Luria Delbrück Fluktuationstest)

Eine auf Phage T1 sensitive *E.Coli* Kultur mit Phagen infizieren und schauen wie oft eine seltene Mutation auftritt, die der Bakterienkultur Resistenz vermittelt:

-**Lamarck:** erworbene Immunität (gerichtet adaptive Mutation tritt), geringe Variabilität zwischen den Stammlinien wird erwartet

-**Darwin:** Klonales Wachstum von Zufallsmutanten, hohe Variabilität zwischen den Stammlinien (hat sich bestätigt)

->Auswirkung von Mutationen auf die Evolutionsgeschwindigkeit in Populationen:

- **In großen Populationen** hat das generelle Vorkommen von Mutationen keine Auswirkung auf die Evolutionsgeschwindigkeit, nur das Vorkommen von schädlichen Mutationen. Bei Organismen mit beschädigten Reparatursystemen sinkt die Fitness rapide mit der Anzahl Mutationen, da die meisten vorkommenden Mutationen schädlich sind.

-Durch **sexuelle Fortpflanzung** (Rekombination durch Sex-Pili in *E.Coli*) kann in große Populationen die Evolutionsgeschwindigkeit beschleunigt werden. Die Mutation wird dadurch in einen neuen genetischen Hintergrund gebracht, wodurch die Fitness noch weiter steigen kann auch wenn sie im Vorfahren nur eine geringe Fitness gebracht hat. In kleinen Populationen hat die sexuelle Fortpflanzung keinen Einfluss auf die Fitness.

- **In asexuellen Populationen** kann die Fitness durch die gute Mutation nur steigen, wenn sie dem Vorfahren auch schon eine hohe Fitness gebracht hat, der genetische Hintergrund bleibt der gleiche.

->Hypermutatorstämme:

-entwickeln sich **häufiger als erwartet** (3 von 12 *E.Coli* stämme sind nach 10.000 Generationen Mutatoren auf Glucose als Nährboden)

-Bakterien benutzen dies zur Anpassung an die Umwelt, vor allem **Pathogene** die schneller mutieren müssen, als das Immunsystem sie erkennen kann, um Krankheiten auszulösen

-in **Extremhabitaten** wie Nährboden mit Antibiotika haben solche Mutatoren oft evolutive Vorteile

->Mutationsraten in Mikroben:

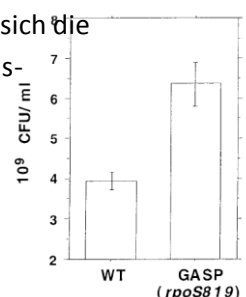
-**abhängig von Wachstumsphase:** in **stationären Wachstumsphase** (Phase nach der exponentiellen Wachstumsphase, Nährmedium erschöpft) sind die Populationen klein genug, dass hohe Mutationsraten einen Sinn ergeben, auch durch hohen Selektionsdruck.

-**Experimentell:** Wachstumshemmung durch chemische Detergenzien, kollaps der Replikationsgabel, Einzelstrangbruch, Doppelstrangbruch. Die Bakterien antworten darauf mit dem DNA Reparatursystem, was jedoch Fehlbasen einbaut oder falsche Enden wieder zusammenknüpft beim Doppelstrangbruch, wodurch die Mutationsraten erhöht werden.

->Diversifizierung (Vielfalt) in der stationären Phase:

-Ein (streptomycin-resistenter) ***E.coli*-Ursprungsstamm evolviert rapide** in einen Stamm der mir einem dritten koexistieren kann und einen Stamm der den dritten ausschließt

-Beim **Einfügen von GASP Mutationen** (= "GrowthAccelerationduringStationaryPhase") teilen sich die Zellen trotz limitierender Umweltfaktoren weiter. durch Mutation von bestimmten Expressions-Regulatoren (Sigma-Faktoren)



Fitness:

=> der relative Beitrag der Nachfahren eines Individuums zu zukünftigen Generationen einer Art

Das Konzept der Fitness verbindet Evolution mit Oekologie

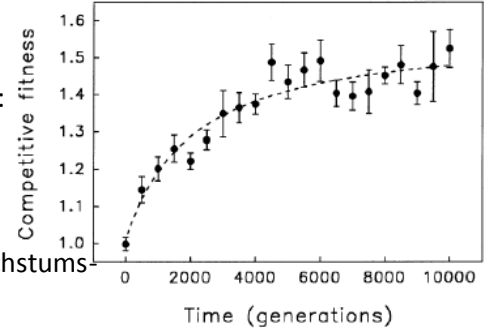
$$Fitness = \frac{Wachstumsrate\ des\ evolvierten\ Stamms}{(Wachstumsrate\ des\ Ursprungs\ Stamms)}$$

-> Wachstumsphänologie: Fitness ist in verschiedenen Phasen betroffen:

- **Lag-Phase**: der Ursprungstamm ist länger in dieser Anpassungsphase auf die neue Umgebung und Nährstoffe als der abgeleitete Stamm, der viel schneller in die exponentielle Wachstumsphase übergehen kann

- **Max. Wachstumsrate**: der Ursprungstamm hat eine viel kleinere Wachstumsrate als der abgeleitete

Relative Fitness von *E. coli* während 10.000 Generationen Wachstums auf Glucose



-> Natürliche Variabilität bleibt auch für nicht-selektierte Eigenschaften: so kann ein Stamm der Glucose-evolviert ist sowohl auf einem Glucose, als auch auf Maltose wachsen. Auf Glucose ist die Fitness dieses Stamms höher, als auf Maltose.

Bei einer Parallelentwicklung bildet der Stamm gleiche Fitness für unterschiedliche Zucker aus und kann so seine Fitness erhöhen. Z.B. erhöht der Transport von Zucker über OmPF Porine (Membrantransportsystem) die Fitness des *E. coli* Stammes.

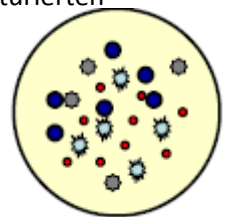
Sobald ein Stamm eine hohe Fitness für eine Wachstumsbedingung ausgebildet hat, entsteht ein Verlust von metabolischer Flexibilität entstehen

Ein einfaches evolutives Experiment:

Pseudomonas fluorescens:

- Isogene Populationen entwickeln schnell **verschiedene Genotypen** in einem räumlich strukturierten Habitat (d.h., in einer ganz normalen Flüssigkultur).

Glatt	Flüssigphase
Runzlig	Neuston
Zerfranst	Bodennähe (Sauerstoffarm)

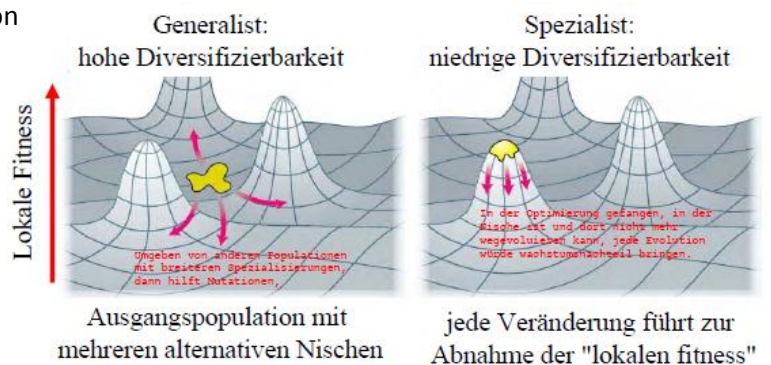


- Sechs glatte Koloniestämme beimpft, mehrere Runden der Überimpfung eines glatten Kolonietyps von *P. fluorescens* in Flüssigkultur und anschließendes Ausplattieren.

- ⇒ Die evolvierten Stämme verbessern sich im Gegensatz zum Ursprungstamm, die Fitness steigt
- ⇒ Die evolvierten Stämme verlieren die phänotypische Diversifizierung, sie verlieren demnach die Eigenschaft sich an verschiedenen Habitaten anzupassen. Fast nur noch glatte vorhanden.

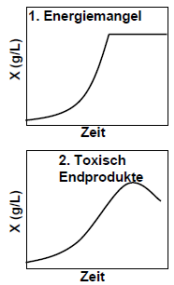
- **Anpassung an eine Nische** schränkt die Möglichkeit ein in anderen Nischen zu diversifizieren:

Mikrobielle Populationen pendeln abhängig von den Wachstumsbedingungen zwischen diesen beiden Extremen.



Theorie der Konkurrenz der Mikroorganismen:

->Die Zellzahl wächst exponentiell pro Generation, da sich Bakterien und Protozoen sich meist (binary fission) asexuell vermehren



-Grenzen des Mikrobiellen Wachstums:

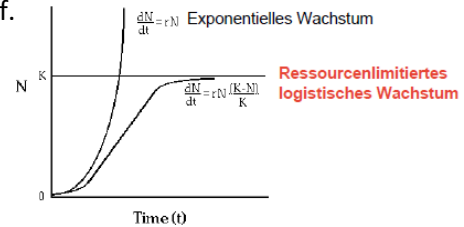
- Energiemangel** (Substratmangel), Intraspezifische Ressourcen Konkurrenz
- Akkumulation **inhibierender Endprodukte** (Säuren, Alkohol: Bier, Essig)

-Mikrobielles Wachstum im Modell:

-Logistisches Wachstum: tritt bei Ressourcen Limitation auf.

$$\frac{dN}{dt} = rN \left(1 - \frac{N}{K} \right)$$

N: Individuenzahl
 r: Wachstumskonstante
 K: "carrying capacity": Begrenzung durch Substratmangel

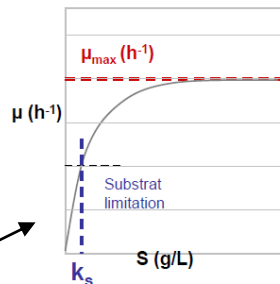
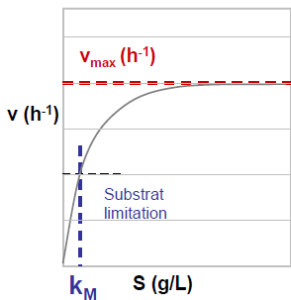


-Substratlimitation des mikrobiellen Wachstums:

Michaelis-Menten-Kinetik: beschreibt Effekt der Substratkonzentration S auf die Geschwindigkeit einer Enzymreaktion

$$v = v_{max} \frac{S}{S + k_M}$$

Mikrobielles Wachstum kann analog dazu beschrieben werden: statt der Reaktionsgeschwindigkeit v die Wachstumsrate μ



$$\mu = \mu_{max} * \frac{S}{S + k_S}$$

Die Kurve wird von 2 Parametern bestimmt:

- a) Die maximale Wachstumsrate μ , die ohne Substratlimitation erreicht wird (μ_{max} , h⁻¹)
- b) die Halbsättigungskonstanten (Affinitäts-Konstante), welche die Substratkonzentration beschreibt, bei der die Hälfte von μ_{max} erreicht wird (k_s , g/l)

Mikroben versuchen diese zwei Parameter zu optimieren (μ_{max} hoch und k_s niedrig) um möglichst kompetitive gegenüber anderen Mikroben zu sein

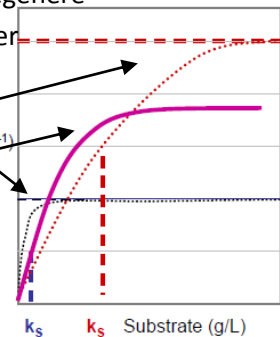
-Interspezifischer Ressourcen-Konkurrenz: sobald zwei Arten den gleichen Wert für k_s haben, wird sich diejenige durchsetzen, die ein höheres μ_{max} aufweisen kann. Dabei sind jedoch beide Arten negativ beeinflusst.

-bei **identischen μ_{max}** gewinnt der Organismus, der ein niedrigeren k_s -Wert hat, demnach effizienter wächst.

=> Die Kombination aus μ_{max} und k_s -Wert ist entscheidend, welcher Organismus der überlegenere ist. Sobald er ein niedrigen k_s -Wert hat und dazu auch ein niedrigen μ_{max} Wert ist er weniger kompetitiv bei Substratlimitation.

-**Spezialisten** für hohe und niedrige Substratkonzentrationen konkurrieren sich in den jeweiligen Substratnischen aus

-**Generalisten:** sind bei mittlerer Substratkonzentration am kompetitivsten



->Konkurrenz im Modell:

-**Reinkultur:** -> Logistische Wachstumskurve (s.oben)

-**Mischkultur:** ->Lotka-Volterra Konkurrenzmodell:

N_1, N_2 ist die Individuenzahl Art1, Art2

α =negativer Effekt von Art 1 auf Art 2

β =negativer Effekt von Art 2 auf Art1

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 \left(1 - \frac{N_1}{K_1} \right) - \alpha N_1 N_2$$

$$\frac{dN_2}{dt} = r_2 N_2 \left(1 - \frac{N_2}{K_2} \right) - \beta N_1 N_2$$

->Ressourcenkonkurrenz:

-Bakterienfressende **Ciliatenarten:** Paramecium bursaria, Paramecium aurelia, Paramecium caudatum

-Kompetitiver Ausschluss zweier Paramecium Arten:

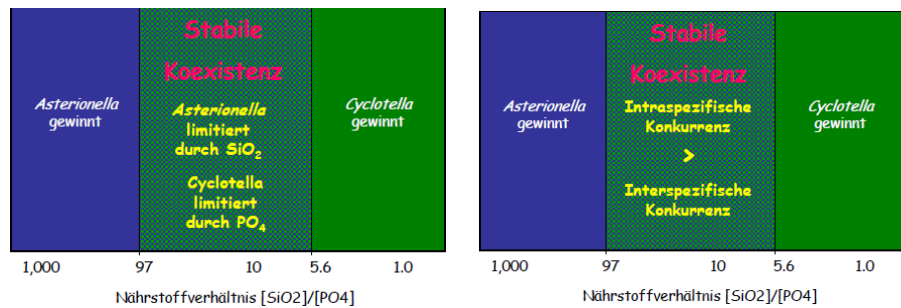
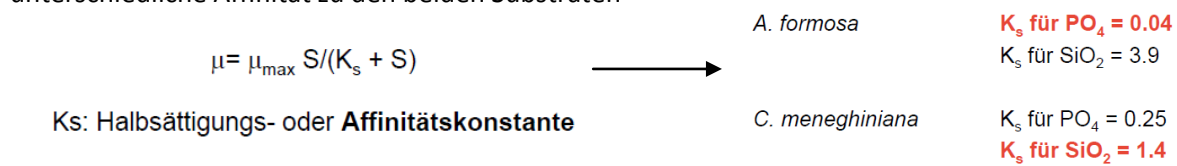
P. aurelia hat höhere "carryingcapacity" K als *P. caudatum*: sobald eine Mischkultur von *P. caudatum* zu einer Reinkultur *P. caudatum* hinzugefügt wird, nimmt die Mischkultur ab. *P. caudatum* und *P. buraria* können gut koexistieren, die zwei *P. aurelia* Arten konnten ebenfalls koexistieren.

-Koexistenz: durch Nischentrennung, *P. buraria* enthält symbiontische Algen, die die Zelle mit O₂ versorgen, wodurch diese Art die Bakterien am Boden „abweiden kann“ und dem überlegenen Konkurrent *P. caudatum* umgehen kann

=> **Prinzip des kompetitiven Ausschlusses**: Zwei vollständige Konkurrenten können nicht in der selben Nische koexistieren, wenn sie die gleiche Ressource benötigen
 Nischentrennung (auch aufgrund von Faktoren, die nicht im direkten Zusammenhang mit Konkurrenz stehen) ermöglicht die Koexistenz von vollständigen Konkurrenten

-Ressourcen Verhältnis: ("Resource-ratio" competition theory)

-> Kieselalgen (Diatomeen): Benötigen zum Wachstum die Spurenelemente P und Si, sie haben aber unterschiedliche Affinität zu den beiden Substraten



Stabile Koexistenz zwischen den beiden erfolgt nur, wenn Intraspezifische (innerhalb einer Art) Konkurrenz größer als Interspezifische Konkurrenz ist (zwischen Arten)

Anmerkung: Er hat ziemlich viele Folien in den folgenden Vorlesungen ausgelassen! Die Folien, die ich nicht zusammengefasst habe sind NICHT Prüfungsrelevant.

Mikrobielle Räuber-Beute Interaktion:

Flagellaten:

- Flagellaten: keine taxonomische Einheit, besitzen Flagella
- Ca. 2000 beschriebene freilebende marine und Süßwasserarten

->**Heterotrophe Genera:** HNF = Heterotrophic NanoFlagellates (<15-20 µm)

->**Phototrophe Genera:** Mixotrophe Flagellaten, Algen, Phytoplankton

Ciliaten-Ciliophora:

- 8000 beschriebene Arten (4000 marine, 4000 Süßwasser & Boden)
- Bsp: Ciliat *Didinium* frisst ein *Parameciu*, bilden Beutegemeinschaften, können kompletten Krebs befallen.

Funktionelle Rolle- Ernährungsweise:

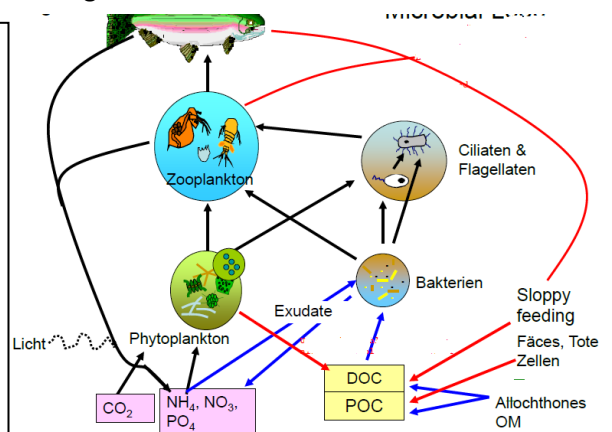
- **Heterotroph** (Aufnahme von Futterpartikeln/ organischem Material) über Phagozytose
 - Herbivore** (~algivore): Frass von Algen & autotrophen Bakterien (Cyanobakterien)
 - Bacterivor**: Frass von heterotrophen Bakterien
 - Räuber (~Carnivore)**: Frass von heterotrophen Protisten / kleinen Metazoen
 - Omnivor**: Beuteorganismen von verschiedenen trophischen Ebenen (Bakterien, Protisten, Algen)
 - Detritivor**: Ernährung von toten organischen Partikeln (Detritus)
- **Mixotrophie** (photoauto- und heterotroph), bildet immer einen Kompromiss
 - Interaktion zwischen hetero- und autotrophen Organismen (**Symbiose**), bsp Algen nehmen bei Nahrungsmangel Bakterien anstatt Partikel auf = Symbiose.
 - Cleptoplastide – Chloroplasten der Beuteorganismen
 - Gradient von v.a hetero- zu v.a autotrophen Organismen
 - Zelluläre und physiologische Anpassungen

Klassisches Nahrungsnetz:(Bild s.7)

C- Recycling: die „Mikrobielle Schleife“ (Microbial Loop)

- Alle Organismen erzeugen oder verlieren gelösten oder partikulären organischen Kohlenstoff (dissolved, particulate organic carbon, DOC, POC)
- Bakterien verwenden DOC (und POC) als Nahrungsquelle, sie sind häufig in Gewässern
- Anzahl an Bakterien in Gewässern wird durch Frassdruck des Nanoplanktons (Flagellaten)und virale Lysis kontrolliert
- Dieser Prozess erhöht (u.U.) die Energieeffizienz des Nahrungsnetzes

Es entsteht ein Kohlenstoffkreislauf:
 -die Fische scheiden NH₄, NO₃, PO₄ aus, von denen sich Phytoplankton und Bakterien ernähren.
 -DOC und POC entsteht durch Phytoplankton, totes Material etc. von denen sich die Bakterien ernähren.
 -Zooplankton wiederum ernähren sich von Bakterien, Bakterienfressende Ciliaten/ Flagellaten und Phytoplankton.
 -Der Kreislauf schließt sich anschließend wieder beim Fisch, der Zooplankton frisst und so den Kohlenstoff wieder aufnimmt
 -Bei der Produktion von DOC spielen Viren ebenfalls eine wichtige Rolle, sie befallen Bakterien und spielen so auf jeder Ebene des Nahrungsnetzes eine Rolle



Energieflüsse im Nahrungsnetz:

- >Länge und Verzweigung eines Nahrungsnetzes hat Einfluss auf die Energieflüsse
- >kürzere Nahrungsnetzte in oligotrophen kanadischen Inlandseen sind effizienter (Lachse sind größer und dicker) als längere in ultra-oligotrophen Küstenseen
- >Verkürzen eines Nahrungsnetzes durch Düngen

Struktur der Nahrungsnetzte:

- >Daphnia (Wasserfloh) durchbricht die mikrobielle Schleife, da sie autotrophe und heterotrophe Einzeller frisst. Sie sind Omnivoren, die auf mehreren trophischen Ebenen des Nahrungsnetzes konsumieren.

Recycling/Regeneration im microbial loop:

- >Während der Beweidung der Bakterien durch Protisten werden diese für den Räuber überflüssigen Nährstoffe über Vakuolen wieder ausgeschieden (z.B Nukleinsäuren)

Partikelaufnahme von Protisten:

- direkter Kontakt des Räubers mit der Beute
- Filtrieren
- Partikeldiffusion, Anlocken der Beute durch Lockstoffe.

Analyse des Protistenfrass auf Bakterien:

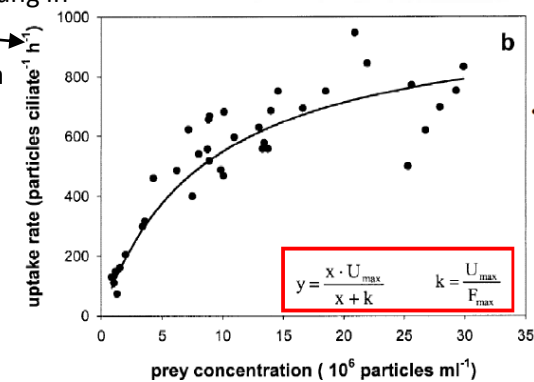
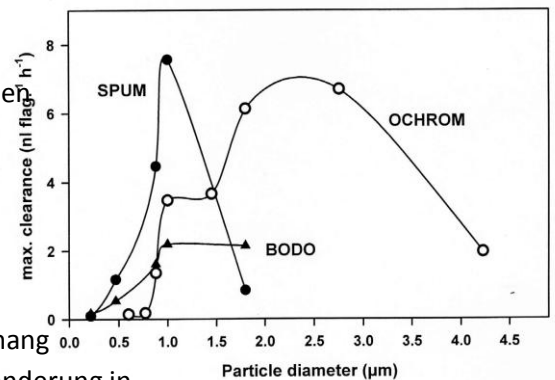
- Bestimmung der Frassparameter
- Direkte Beobachtung des Frassverhaltens Videomikroskopie
- Verwendung markierter Surrogatpartikel = Quantitative Analyse, wieviele Partikel/Stunde
 - >**Künstliche Partikel** (Fluoreszierende Mikropartikel (verschiedene Grössen), Beschichtete Mikropartikel (z.B mit Proteinen), Hefezellen, Kohlepartikel, Minizellen (*Spingomonas* sp.), GFP-exprimierende Bakterien (green fluorescent protein)
 - >**Natürliche Partikel:** Gefärbte Bakterien und somit den Ciliaten ihre eigenen Beute anbieten:(FLB (fluorescently labeled bacteria), Radioaktiv markierte Bakterien, Identifikation von Bakterien in Nahrungsvakuolen ("Darminhaltsanalyse"))
- Experimentelle Ansätze (Laborexperimente (experimentelle mikrobielle Gemeinschaften), Feldversuche (Verdünnungsexperimente))

Größenselektive Partikelaufnahme:

- >Durch die Aufnahme von unterschiedlich großen Partikeln können Partikel koexistieren, sobald eine Art stärker überlappt mit den Anderen wird sie unterdrückt.
- >Anhand von Physiologie der Arten die Koexistenz vorhersagbar

Functional Response:

- >Vergleiche Michaelis Menten Kinetik beim Mikrobiellen Wachstum, veränderung des Wachstumsverhalten in Zusammenhang mit dem Substrat. Beim functional response geht es um Frassveränderung in Zusammenhang mit der Beutekonzentration.
- >Sättigung der Aufnahme rate mit zunehmender Partikelkonzentration



Frassdruck durch Protisten als formender Faktor von mikrobiellen Gemeinschaften

->Räuber kontrollieren die Zellzahl und Größenverteilung von Bakterien und bestimmen somit ihr Vorkommen. Sie fressen überwiegend die großen Zellen (sich teilenden Zellen), enge Kontrolle übers Wachstum

->Auswirkung auf die Gemeinschaft:

->Verhältnis Bakterien:Flagellaten:

-Bessere Korrelation in oligotrophen (nährstoffarmen) als in eutrophen (nährstoffreichen) Habitaten
 -Fehlender Zusammenhang in produktiven Gewässern: Ciliaten werden zunehmend wichtig als Bakterienräuber, Kontrolle der Flagellaten durch Räuber, Flagellaten



erschliessen andere Nährstoffquellen(DOC, organische Partikel)

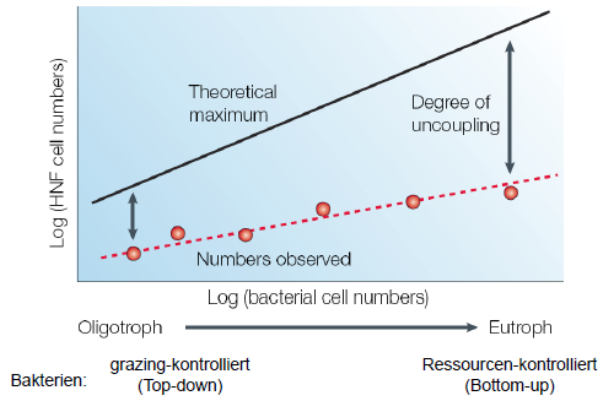
⇒ Generell KEIN konstantes Verhältnis

Entkopplung von Bakterien und Räubern mit zunehmender Trophie (Nährstoffgehalt)

->Bei perfektem Räuber Beute Beziehung wäre Linie am Maximum, da es jedoch eine Entkopplung der Beziehung gibt (Räuber werden selbst von Prädatoren kontrolliert) ist dem nicht so.

->Je produktiver das System, desto weniger Kontrolle durch Räuber. In Nährstoffarmen Regionen werden Bakterien nicht nur Nährstoffmangel kontrolliert, sondern durch die Räuber. In Nährstoffreichen Systemen sind die Nahrungsnetzte viel länger und können dadurch die Beute nicht mehr gut kontrollieren und werden selbst durch höhere Ebenen kontrolliert, hier kontrolliert die Nahrung

=> Entkopplung



Limnologie:

Limnologie: Wissenschaft der Binnengewässer (Quellen, Seen, Weiher, Teiche, Bäche, Flüsse, Ströme, Salz- und Brackwässer).

Theoretische Limnologie: Wissenschaftliche Bearbeitung von Themen aus der Physik, der Chemie und/oder der Biologie von Gewässern.

Angewandte Limnologie: Bearbeitung von Problemen der Trinkwasser- und Abwasserreinigung, der Stromgewinnung durch Wasserkraft, des Hochwasserschutzes, von Mineralquellen zu Trink- und Badezwecken.

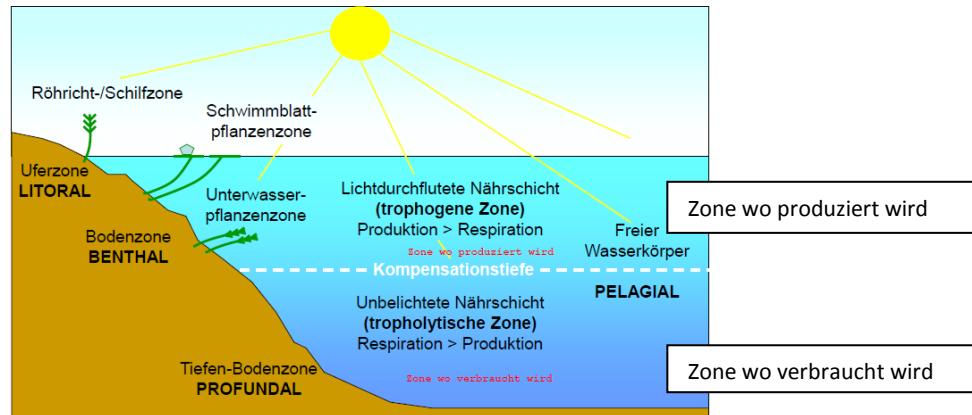
Habitatzonierung in einem See:

Plankton: im Pelagial lebende, passiv treibende Organismen (z.B. Bakterio-plankton, Algen = Phytoplankton).

Nekton: im Pelagial lebende Organismen, die mit eigenem Antrieb die Strömungs-kräfte überwinden (Fische, [Kalmare])

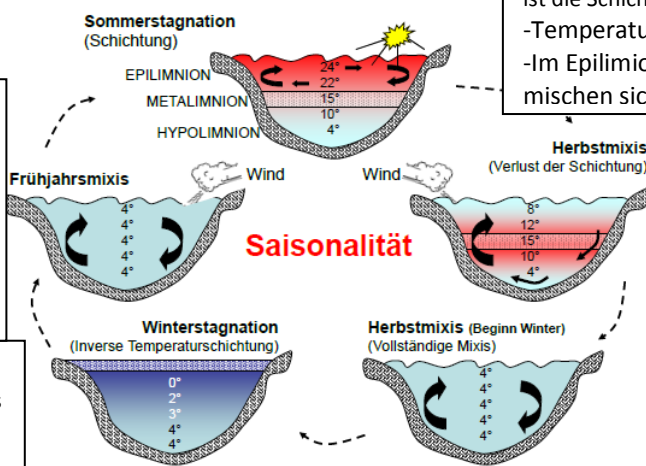
Benthos: Gesamtheit der im Litoral und Profundal lebenden Organismen.

Saisonalität des Sees:



Frühjahrmix:
-Wärmt sich von oben her auf, wieder Mischung.
-Nährstoffe die sich im tiefen gesammelt haben werden wieder nach oben gebracht

Winterstagnation:
-das untere Wasser ist nun das wärmste
-Leben kann dort stattfinden



Sommerstagnation:
-Schichtung sehr stabil der einzelnen Zonen.
-im Metalimnion verändert sich die Temperatur sehr stark, dadurch ist die Schichtung stabil
-Temperatur Gradient von 25-4 °C
-Im Epilimnion passieren alle Reaktion mit Sonnenlicht, mischen sich nicht mit anderen Schichten.

Herbstmixis:
-Voll durchmischung des Sees, Schichtungen werden instabil, da oberhalb die Temperatur auch sinkt, kein Temperaturgradient mehr.
-Der Wind durchmischt zusätzlich
-Einmal im Jahr wird See durchmischt, Einfluss auf Chemie des Sees, Organismen in dem See gemischt -> biologische Veränderungen

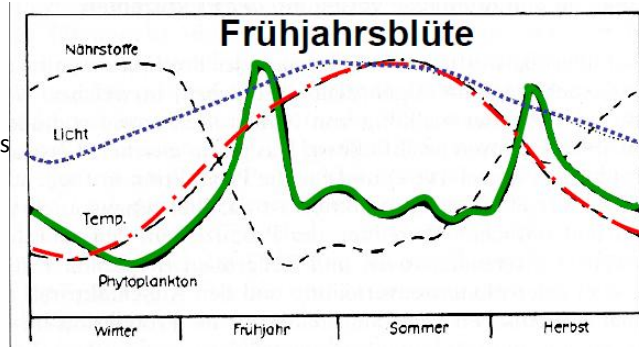
Mixistypen:

- Amiktische Seen:** zirkulieren nie, ständig zugefroren (z.B. Arktis, Antarktis, extremes Hochgebirge). --
- Meromiktische Seen:** zirkulieren teilweise; tiefe Wasserschichten nie ausgetauscht (z.B. grosse Mengen gelöster Substanzen = hohe Dichte oder See komplett windgeschützt).
- Holomiktische Seen:** zirkulieren vollständig. - Monomiktische Seen: zirkulieren einmal im Jahr. - Dimiktische Seen: zirkulieren zweimal (im Frühjahr und Herbst), häufigste Typen der gemäßigten Breiten.
- Polymiktische Seen:** zirkulieren häufig, teilweise täglich (z.B. Flachseen der Tropen, auch in gemässigten Breiten).

Saisonalität des Phytoplanktons:

Im Frühjahr steigt die Temperatur im See, es kommt zur ersten Blütezeit (Frühjahrsblüte des Planktons)

Im Herbst kommt es zur zweiten Blüte, dann wurde der Wasserfloh, der die Blüten frisst seinerseits gefressen vom Fisch. Die Blüte wird erhalten



Licht
Phytoplankton
Temperatur

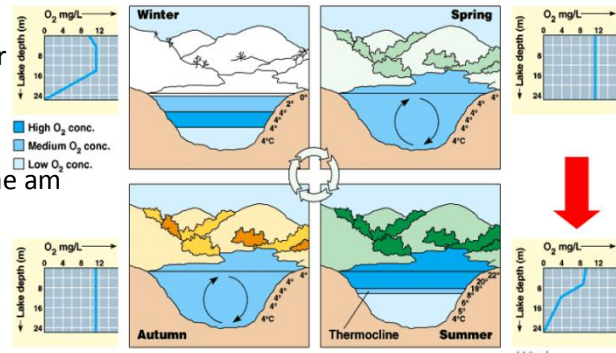
Sauerstoffzählung während Stagnation:

Winter: Stagnation, Sauerstoffkonzentration oben mittel, in der Mitte des Sees hoch und unten niedrig.

Frühling: Mix, Sauerstoffkonzentration überall gleich hoch

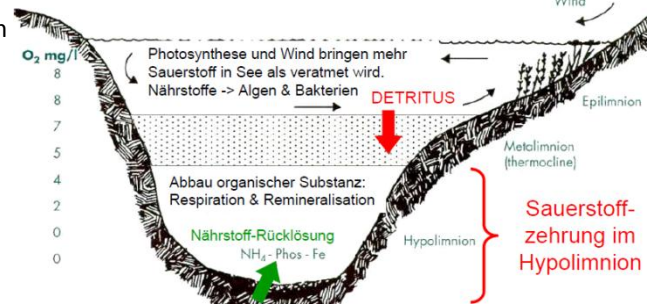
Sommer: Stagnation, Sauerstoffkonzentration an der Oberfläche am höchsten und unten am niedrigsten

Herbst: Mix, Sauerstoffkonzentration wieder konstant



Prozesse während Sommerstagnation:

Im unteren See herrscht Sauerstoffmangel, die Bakterien benötigen dadurch alternative Elektronenakzeptoren um Sauerstoff aus Organischem Material rückzuführen, was Einfluss auf das Sediment hat



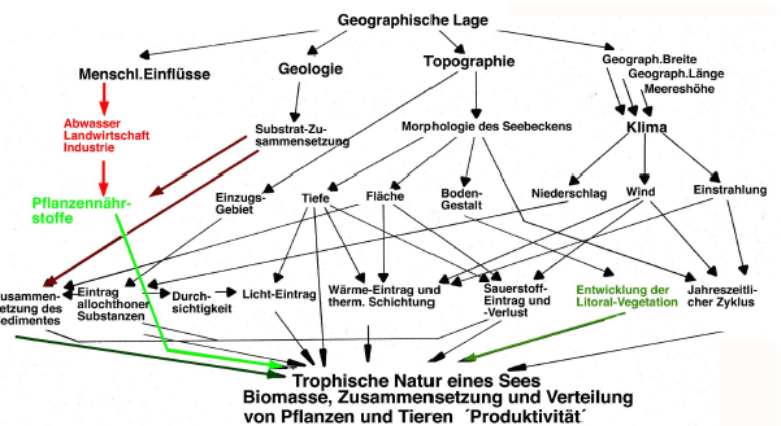
Limnische Habitattypen:

- **Oligotroph:** Niedrige Nährstoffkonzentration, hohe Transparenz (der See verhungert)
- **Mesotroph:** intermediäre Nährstoffkonzentration und Phytoplankton Produktivität (normal)
- **Eutroph:** Nährstoff reich, hohe Algenproduktivität, geringe Sichttiefe

Bilologische Charakteristika in gemässigten Zonen:

	Trophie des Gewässers	
	Oligotroph	Eutroph
Tiere und Pflanzen Produktion	niedrig	hoch
Tiere und Pflanzen Artenzahl	viele	abnehmend mit zunehmender T.
Menge an Biomasse	wenig	viel
Algenblüten	selten	häufig
Rel. Anteil an Cyanobakterien und Grüna.	klein	gross
Aufwuchs im Litoral	wenig Fadenalgen viele Makrophyten-Arten in geringer Dichte	Makrophyten-Bestände aus wenigen Arten-Massenentwicklungen Fadenalgen
Zoobenthos im Profundal	Tanytarsus	Chironomiden
Charakteristische Fische	Felchen, Forelle, Saibling	Rotauge, Rotfeder, Karpfen, Hecht

Faktoren, welche die Trophie (Produktivität) eines Sees beeinflussen



- ⇒ Je mehr Chlorophyll a im See enthalten, desto größere Ausbeute haben die Sportfischer
- ⇒ Im Süßwasser wird was Wachstum der Primärproduzenten (d.h. die Trophie) vor allem durch die Phosphatkonzentration bestimmt, dadurch Anstieg des Fischertrags

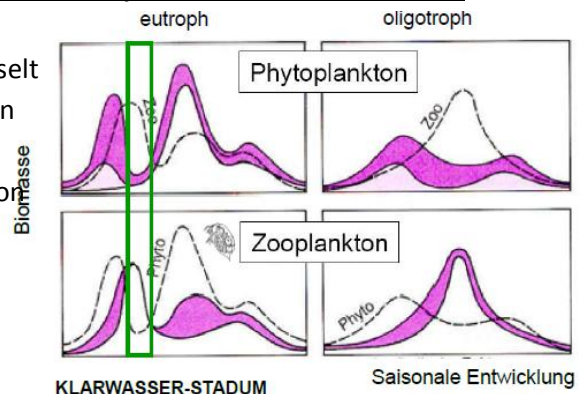
Typische Sukzessionsmuster von Phyto- und Zooplankton in temperaten Seen verschiedener

Trophie:

-**Eutroph:** Anstieg der Biomasse der beiden Arten wechselt sich je nach Jahreszeit ab. Die beiden Arten koexistieren

-**Oligotroph:** Zooplankton weist im Sommer eine große Biomasse auf, es scheint, als würde er den Phytoplankton Unterdrücken, dieser hat einen leichten Anstieg der Biomasse im Herbst und Frühling.

⇒ Im Frühling herrscht Klarwasser-Stadium



Prozesse der Eutrophierung: (Nährstoffbelastung)

->Seen können bis zu einem gewissen Grad organisches Material abbauen (Schmutz der Menschen) ohne dass sich die Natur in ihnen groß ändert.

->Wenn die Rate des Abwassereintrags diese Kapazität überschreitet können die hohe Abbauraten von organischem Material zu anorganischen Bedingungen führen und somit zum Tod von Organismen wie Fischen und Wirbellosen. Es wird der Sauerstoff von zersetzenden Mikroorganismen schneller verbraucht, als das er durch die Photosynthese von Wasserpflanzen und Diffusion aus der Luft wieder gewonnen werden kann.

->Positives Feedback der Eutrophierung: im anaeroben Milieu kommt es zur verstärkten Rücklösung von Phosphor aus dem Sediment, die Konzentration von Phosphat und Nitrat (limitierende Stoffe in Seen, dadurch Pflanzenwachstum begrenzt) wird erhöht, der See fängt an sich selbst zu düngen, sodass das Algenwachstum ansteigt und andere Pflanzen dadurch beschattet werden und absterben.

⇒ ausgelöst durch Abwässer (vor allem im 20. Jahrhundert durch Industrialisierung), Phosphorhaltiges Waschmittel

Gewässertherapie gegen Eutrophierung:

- Hypolimnische (Tiefenwasser-)Belüftung
- Ableitung von hypolimnischen Wasser
- Entfernen von Sediment aus dem See
- Abdecken der Sedimentoberfläche
- seeinterne Phosphatfällung

Symptombekämpfung!!!

Nachhaltig: Verminderung des Eintrags

Konsequenzen der Eutrophierung

	Oligotroph	Eutroph
Morphometrie	~ tief	~ flach
Primärproduktion	Gering	Hoch
Algenbiomasse	Gering 0.3-3 µg Chla l ⁻¹	Hoch 10-500 µg Chla l ⁻¹
Nährstoffe	Gering P _{tot} < 10 µg l ⁻¹	Übersättigt P _{tot} > 30 µg l ⁻¹
Massenentwicklungen (Cyanobakterien)	Fehlen	Vorhanden
Algenblüten	Selten	Häufig
O ₂ -Zehrung im Hypolimnion	Gering < 50%	Stark, meistens 0% Sauerstoff verschwindet
Tiefenfauna	Divers, O ₂ -bedürftig	Artenarm, tolerant gegen O ₂ -Mangel

Organische Wasserverschmutzung:

gelöster Sauerstoff

-aus der Atmosphäre eingetragen durch Diffusion & Turbulenz der Flüsse in ihren Oberläufen.

-stark reduziert durch die Belastung von organischen Substanzen aus Abwassereinleitungen.

Konsequenzen des reduzierten Sauerstoffs

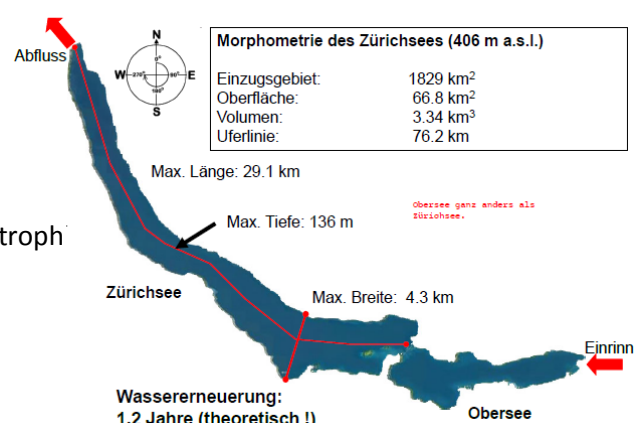
-Aussterben von Fischen und wirbellosen Wassertieren.

-Reduzierung der Diversität des Ökosystems.

Der Zürichsee:

->Charakteristika:

Wasserstand reguliert, 90% der Uferlinie künstlich, Mesotroph



Fischerei, Trinkwasser (>1.5 Million Einwohner), Vorfluter für 14 Kläranlagen (● ●), Phosphoreintrag ~80 Tonnen a-1

->Gesamte Volumen des Zürichsees befindet sich 30m unter der Oberfläche, darunter kaum noch

->Konzentration des gelösten Phosphor von 1946-1996: Kurzweiliger Anstieg, heute niedrige Konzentration

->Konzentration des gelösten Nitrat von 1946-1996: Dauerhafter Anstieg, Zufuhr aus Luft

->**Mixis:**

-Monomiktisch (Durchmischung nur einmal im Jahr , teilweise holomiktisch (min. einmal im Jahr eine vollständige Durchmischung), Jährliche Unterschiede in der Sauerstoffkonzentration in den Saisons, normalerweise im Herbst wird Sauerstoff direkt unterhalb der Produktionsschicht. Im Frühjahr Produktion

-Transport von Phosphor aus dem Hypolimnion, während Durchmischungsphase wird Phosphor aus dem Sediment in die lichtdurchflutete Zone getragen. Dort wird er von den Algen konsumiert, die ihre Frühjahrsblüten bilden. Konzentration des Phosphors nimmt wieder ab. Jährlicher Kreislauf.

->**Planktothrix rubescens – Burgunderblutalge:**

-Multizelluläre Filamente, Unverzweigt, 10-2000 µm x 3-10µm, Endzellen mit Kalyptra, **Gasvesikel** (dadurch schwimmen), Keine Heterozysten (keine N₂ Fixierung, im Zürichsee hohe N₂ Konzentration), Vermehrung durch Fragmentierung

-enthält Microcysteine: gebildet durch nicht ribosomale Peptid-Synthetase, Inhibierung der Protein Phosphatasen 1 und 2A und ATP-Synthase, gerichtet gegen Frassdruck durch Zooplankton, akute und chronische Toxizität auch für Wirbeltiere (Lebertumor)

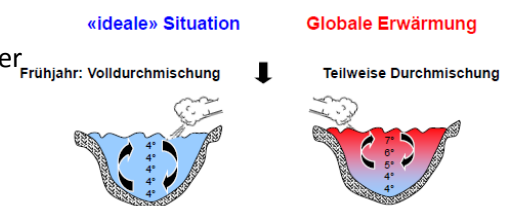
-Wiederkehrende Population durch die Klimaerwärmung, bis zu 80% der autotrophen Biomasse im Zürichsee

-normalerweise (bei guter Durchmischung) kommt es zur Populationsabnahme (schlechte Startpopulation) durch Kollaps der Gasvakuolen in der Tiefe im Winter, durch die Erwärmung und die schlechte Durchmischung können diese länger ausharren und bilden Blüten (gute Startpopulation)

-dominiert die Biomasse der Algen

->**Klimaveränderung führt zur Veränderung der Seedurchmischung:**

See erwärmt sich, dadurch wird es im Winter immer milder, das Wasser kühlt im tiefen Bereich nicht mehr auf 4 °C ab, der Temperaturgradient ist kleiner, dadurch weniger Durchmischung -> Konsequenzen auf Sauerstoffversorgung.



Im Folgenden werden zunächst die fünf Schritte des Schemas eingeführt:

1. Analyse des Ist-Zustandes
2. Die moralische Frage benennen
3. Analyse der Argumente
4. Evaluation und Entscheidung
5. Implementierung

1. Analyse des Ist- Zustandes

•Harte Fakten auflisten:

- elementare Kenntnisse bezüglich der zur Debatte stehenden technischen, ökonomischen und politischen Aktivitäten und Strukturen (bspw. „Was verstehen wir unter Spekulation?“);
 - empirische Kenntnisse des Kontextes (bspw. „Geschah die Tötung aus Absicht oder in Notwehr?“)
 - Kenntnisse der empirischen Folgen, welche bestimmte Aktivitäten in Zukunft haben werden
- Natürlich bleibt unser diesbezügliches Wissen immer selektiv und unvollständig

•Geltendes Recht berücksichtigen (ordnungspolitischer Kontext):

- Da die Einhaltung von Gesetzen und Rechtssicherheit selbst moralische Werte sind, ist abzuklären, welche Gesetze bezüglich eines Problems vorliegen oder welche Verträge eingehalten werden müssen.
- Oft sind entweder Gesetze selbst oder gesetzlich nicht geregelte Sachverhalte Anlass für ethische Reflexion (vgl. etwa die Debatte um aktive Sterbehilfe oder Präimplantationsdiagnostik).
- Im besten Fall sind geltende Gesetze moralisch legitim. Aber positives Recht ist immer offen für ethische Kritik, denn es gab und gibt moralisch problematische Gesetze (z.B. die Nürnberger Rassengesetze von 1935).

•Stakeholder identifizieren: Im Rahmen ethischer Entscheidungsfindung ist es ein Gebot der Fairness, alle von einem Interessenskonflikt Betroffenen zu Wort kommen zu lassen. Das heisst, es gilt zunächst zu fragen, welche Interessen geltend gemacht werden und wer sie geltend macht.

→ An diesem Punkt wird noch keine Wertung gemacht

→Es ist, je nach ethischer Position, durchaus denkbar, auch Stakeholder ins Spiel zu bringen, die in der Wirklichkeit gar nicht an einem Diskurs teilnehmen können. Dazu gehören Menschen, die ihre Interessen noch nicht oder nicht mehr kommunizieren können (bspw. zukünftig Lebende, Embryonen und Personen im Koma)

•Kontextsensibilität entwickeln:

- Geschichtliche Kontexte: Die Debatte über militärische Einsätze verläuft in Deutschland aufgrund der Nazi Herrschaft anders als etwa in den USA.
- Gesellschaftliche Spannungen: Die Angst vor einer „Islamisierung Europas“ beeinflusst die Frage nach dem Umgang mit der Zuwanderung oder der Sicherheit angesichts des Terrorismus.
- Weltanschauliche und philosophische Kontexte: Im Hinblick auf eine Interpretation dessen, was Menschenwürde in praktischen Kontexten bedeutet (bspw. bezüglich Folter, Forschung an Embryonen) spielt es eine Rolle, ob diese vor einem christlich-konservativen oder einem säkular-utilitaristischen Kontext gemacht werden.

2. Die moralische Frage benennen

•Moralisch relevante Frage(n) und Konflikte identifizieren: Fragen der Moral eigentlich handelt. Viele Streitfragen unserer Gesellschaft haben nichts mit Moral zu tun.

- Es handelt sich um normative Fragen. Zur Debatte steht also, woran wir uns in unserem Leben und Handeln orientieren sollen. Thema ist, was uns verboten, geboten oder erlaubt ist.

- Erwartet werden Antworten mit einer besonderen Verbindlichkeit. Moralische Normen und Werten sind keine Privatangelegenheiten, sie stellen nicht Tipps dar, wie man sich verhalten könnte. Wer ein moralisches Urteil fällt, erhebt damit einen verbindlichen Anspruch darauf, wie sich unser Handeln und Leben vollziehen soll.

- Es handelt sich bei Fragen der Moral um Fragen nach Gütern und Interessen von besonderer Wichtigkeit für Menschen. Wir schulden einander als Menschen Rechenschaft darüber, wie wir uns als Menschen behandeln sollen.

• **Strittige Frage formulieren:** Methodisch ist es hilfreich, diese Optionen als strenge Ja/Nein-Alternativen zu formulieren, also bspw. zu fragen, ob die gezielte Tötung eines Terroristen moralisch erlaubt sei oder nicht. Das schärft die Debatte und macht deutlich, worum es geht.

• **Nichtmoralische Aspekte ausscheiden:** Gesichtspunkte oder Argumente auszuschneiden, die insgesamt zwar wichtig sind, aber erst zum Abschluss der ethischen Entscheidungsfindung wieder ins Spiel kommen.

→ best. ökonomische, juristische oder politische Gesichtspunkte.

3. Analyse der Argumente

• **Argumente pro und kontra aufführen:** Es ist sinnvoll, mit einer Liste der Argumente zu beginnen, die in der Diskussion explizit für oder gegen eine bestimmte Option oder Position genannt werden.

→ Oft sind moralische Normen und Werte als normative Hintergrundannahmen versteckt. Wer bspw. argumentiert, die Todesstrafe sei legitim, weil sie potentielle Täter abschrecke, geht davon aus, dass die Folgen einer Handlung moralisch relevant sind.

• **Argumente mit normativen Hintergrundtheorien abgleichen:**

Im Hinblick auf das hier vorgestellte Schema ethischer Entscheidungsfindung wurden drei der wichtigsten dieser Moraltheorien ausgewählt.

- Konsequentialismus: Durch Handlungen soll möglichst viel Gutes hervorgebracht werden. → anzustrebende Ziel definiert werden.

- Deontologie: Hier steht im Zentrum die Frage, ob Handlungen in sich selbst richtig oder falsch sind. Oft sind entsprechende Positionen an die moralische Überzeugung gebunden, dass Personen als Zwecke in sich selbst behandelt werden müssen, und nicht instrumentalisiert werden dürfen.

- Tugendethik: Hier stehen die moralischen Kompetenzen von Personen (bspw. Integrität, Fairness, Loyalität, Mut, Ehrlichkeit) im Zentrum. Tugendethische Positionen kritisieren an den anderen Positionen häufig, dass diese zu sehr allgemeine moralische Prinzipien statt konkrete Menschen mit ihren spezifischen Handlungskompetenzen in den Vordergrund stellen.

4. Evaluation und Entscheidung werden. Schritt 4 lässt sich am besten ausführen, wenn eine Liste mit den Stakeholdern und den vorgebrachten Argumenten vorliegt.

• **Standpunkt der Moral einnehmen:**

- universaler Standpunkt ist, der sich primär auf die allen zugängliche Vernunft und nicht auf vorgegebene gesellschaftliche Autoritäten (wie bspw. den Staat, Kirchen, Parteien oder Lobbyingorganisationen) stützt;

- unvoreingenommener und unparteiischer Standpunkt ist, der unterschiedliche Stakeholderinteressen gleichermaßen berücksichtigt und gegebenenfalls eine gewisse Distanzierung von der eigenen Überzeugung oder Position voraus setzt;

- informierter Standpunkt ist (vgl. Schritt 1 des Schemas).

• **Argumente beurteilen und gewichten:**

Kriterien dieser Beurteilung sind, um nur ein paar zu nennen, die Sachgemässheit (Informiertheit gemäss Schritt 1), die logische Konsistenz der Argumentation und die Kohärenz mit anderen moralischen Überzeugungen. Nicht kohärent wäre es bspw., aus ökologischen Gründen (um weniger Treibhausgase durch Viehhaltung zu emittieren) eine Pflicht zum Vegetarismus zu fordern und es zugleich für legitim zu halten, mehrere Male jährlich mit dem Flugzeug in die Ferien zu fliegen.

→ Oft werden Moraltheorien ins Spiel gebracht, um diese Fragen der Güterabwägung zu entscheiden. (Schritt 3)

• **Einen Entscheid fällen:**

Vor diesem argumentativen Hintergrund wird schliesslich eine Entscheidung gefällt. Es ist beim ganzen Entscheidungsprozess immer wieder zu fragen, ob die vorgeschlagene Lösung dem Standpunkt der Moral entspricht und ob die Argumentation insgesamt stichhaltig ist.

5. Implementierung

• **Möglichkeiten der Implementierung abschätzen:** Besonders interessant ist natürlich die Frage, wozu

moralische Akteure tatsächlich in der Lage sind. In moralischen Debatten wird oft gesagt, dass bestimmte Entscheide aufgrund von Sachzwängen nicht umsetzbar seien.

→ Bestimmte Entscheidungen wären dann zwar aktuell nicht umsetzbar, aber mit etwas Zeit und entsprechenden Massnahmen wären viele Implementierungshindernisse überwindbar

• **Massnahmen zur erfolgreichen Implementierung ergreifen:**

- Rechtliche Kodifizierung: Staatliche Rechte sind primär dann geboten, wenn besonders wichtige Güter und Interessen zu schützen sind (bspw. im Arbeits- und Umweltrecht) oder andere Massnahmen keinen Erfolg haben. Staatliche Gesetze schaffen für alle Akteure gleiche Rahmenbedingungen.

- Freiwillige Selbstverpflichtungen: Aus ethischer Perspektive wäre es optimal, Akteure würden sich selbst für die Umsetzung bestimmter Entscheide verpflichten. → „Codes of Conduct“ oder branchenspezifische Vereinbarungen in den letzten Jahren intensiv diskutiert und auch eingesetzt.

- Ökonomische Anreize: Auch wenn viele Ethiker und Ethikerinnen damit ihre liebe Mühe haben: Wird moralisches Verhalten belohnt, kann es auch für nicht an der Moral Interessierte attraktiv sein, moralisch zu handeln. Statt nur Umsatzsteigerungen zu belohnen, könnten Unternehmen sich überlegen, auch für moralisch integrires Verhalten Lohnanreize zu setzen. Im staatlichen Kontext funktionieren analoge Instrumente schon lange: Man verbietet eine bestimmte Technologie oder ein bestimmtes Produkt nicht, aber belegt es mit einer Lenkungsabgabe oder setzt umgekehrt durch Subventionen Anreize für Technologien und Produkte, die man fördern möchte.

BIO 141: V19: Ökologie und Biodiversität

1. Naturwissenschaft als moralische Instanz?

P steht für Prämissen, K steht für Konklusion

1. Problematisch: (P) «In den letzten Jahrzehnten ist die Biodiversität weltweit in vielen Ökosystemen zurück gegangen, ihr Zustand gilt heute als bedroht» (empirische Fakten), (K) deshalb müssen wir handeln (etwas dagegen unternehmen oder TUN).

[Weil P, darum K]

2. Richtig: (P1) In den letzten Jahrzehnten ist die Biodiversität weltweit in vielen Ökosystemen zurück gegangen, ihr Zustand gilt heute als bedroht (empirische Fakten), (P2) aus diesen oder jenen Gründen ist das moralisch unerwünscht oder falsch (normative Prämisse), (K) deshalb müssen wir handeln.

[Weil P 1 und P2, darum K]

Das erste Beispiel ist problematisch da man aus naturwissenschaftlichen Erkenntnissen nicht ohne weiteres auf moralische Aussagen schliessen darf. Es wird aus der naturwissenschaftlichen Prämisse ein normativer Schluss gezogen. (Man soll nicht aus Sein auf Sollen schliessen) Jener Irrtum wird als naturalistischer Fehlschluss bezeichnet.

Es muss darauf geachtet werden, dass in die impliziten normativen Prämissen im Umweltbereich separat gemacht werden müssen.

2. Natur als moralischer Massstab?

Bio wird in unserer Gesellschaft mit Natürlichkeit assoziiert und gilt aus diesem Grund als moralisch Gut. Wenn wir durch d. industrielle Landwirtschaft in die Natur eingreifen, so gelten diese Prozesse als unnatürlich/künstlich.

Zentral ist dabei der Naturbegriff: Was wird unter „Natur“ verstanden?

- Problem 1: Die moralische Indifferenz der Natur

Inwiefern sollen natürliche Phänomene und Prozesse Massstab und Vorbild sein? (Nur der stärkste überlebt)

- Problem 2: Naturschutz

Schlussendlich definiert der Mensch was schützenswert ist. Die Natur ist ein Dynamisches Gleichgewicht: Wenn eine Art verschwindet, nimmt eine andere diesen Platz ein. → Durch den Umweltschutz wird der Zustand der Natur „eingefroren“

3. Naturbegriffe und ihre Relevanz

Begriffe/Bilder d. Natur- und Umweltschützern sind oft Schlagworte, welche Emotionen und Intuitionen wecken.

Die Aufgabe der Ethik ist es, diese Begriffe zu analytisch zu klären. Oft wird der Begriff der „Natur“ naturwissenschaftlich vermittelt. Hier eine Auflistung der verschiedenen interpretierten Begriffe:

- stadtnaher Wald («Biotop») oder alte «Kulturlandschaft»
- Zusammenhang naturwissenschaftlichbeschreibbarer Fakten,
- etwas, was irgendwie «gut» ist (vgl. «bio»-, «natürliche» Lebensmittel)
- von Menschen unberührte Wildnis(im Unterschied zu «von Menschen gemacht» oder «künstlich»)
- (religiöse) SchöpfungGottes,

- dynamisch-evolutiver Prozess,
- Grundlage des (menschlichen) Lebens,
- manipulierbare und nutzbare Ressource,
- «moralpatient»...

Natürlich vs. Künstlich

Natürlich: von selbst, ohne Einwirken d. Menschen

Künstlich: gezielt vom Menschen

Die Wiederherstellung der Natur: Macht es einen Unterschied, ob sich die Natur selbst entwickelt hat oder vom Menschen wiederhergestellt wurde? (analog zu Gemäldefälschung)

4. Holistische und individualistische Ansätze

Holismus (gr. ὅλος holos „ganz“), auch Ganzheitslehre, ist die Vorstellung, dass die Elemente eines zusammengesetzten Systems

Kritik am individualistischen Paradigma

- In der Umweltethik vertreten einige Autor/innen (seit den 1970er Jahren)

Ansätze mit Fokus auf Ökosystemen und Biodiversität.

- These: Nicht primär Individuen (bspw. einzelne Organismen: empfindungsfähige Tiere oder Pflanzen), sondern Kollektive (Populationen, Arten, Lebensgemeinschaften, Ökosysteme und ihre Eigenschaften) sind moralisch relevant und wertvoll.

→ Umweltethisches Postulat: Unsere Sorge und Respekt muss dem vernetzten Ganzen, nicht einzelnen Tieren oder Pflanzen gelten.

- Als schützenswert gelten holistische Entitäten und/oder holistische Eigenschaften (wie bspw. Vielfalt oder Integrität von Ökosystemen).

→ Diese umweltethische Position ist aber umstritten.

Einleitung

Neobiota: Seit 1492 von Menschen von einem Kontinent in andere Kontinente eingeführte und dort jetzt wildlebende Arten. In der Schweiz: Goldrute, japanischer Knöterich, Regenbogenforelle, Roter Sumpfkrebs etc.

Invasionen von Neobiota **führen generell zu Veränderungen von Ökosystemen:**

- Verdrängen einheimischer Arten und Verlust an Arten;
- Verlust der Leistungsfähigkeit von Ökosystemen (z.B. Produktion von Biomasse; Anzahl Insekten usw.);
- z.T. grossräumige Veränderung der Habitats und der Umwelt;
- Hybridisierung durch Genaustausch mit nahen Verwandten;
- z.T. gesundheitliche (z.B. Ambrosia) oder ökonomische Schäden (z.B. Unkrautbekämpfung in Landwirtschaft und an Infrastrukturanlagen)

Rechtliche Situation der Schweiz

- Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz (NHG) vom 1. Juli 1966 (Stand am 1. Januar 2008) → besonders Art. 18 «Schutz von Tier- und Pflanzenarten» und Art. 23 «Fremde Tier- und Pflanzenarten: Bewilligungspflicht»

- Verordnung über den Natur- und Heimatschutz (NHV) vom 16. Januar 1991 (Stand am 1. März 2011) → besonders Art. 20 «Artenschutz»

- Verordnung über den Umgang mit Organismen in der Umwelt vom 10. September 2008 (Freisetzungsverordnung, FrSV) → besonders Art. 15 «Schutz von Menschen, Tieren, Umwelt und biologischer Vielfalt vor gebietsfremden Organismen» und Art. 16 «Schutz besonders empfindlicher oder schützenswerter Lebensräume vor gebietsfremden Organismen».

Weitere Gesetze und Verordnungen für das CH-Territorium

- Bundesgesetz über die Fischerei (BGF, 1991) Art. 1: Natürliche Artenvielfalt der Fische und Krebse muss erhalten bleiben.

Art. 6: Das Einführen fremder Krebsarten braucht die Bewilligung des Bundes. Nachweis, dass keine unerwünschte Veränderung der Fauna und keine Gefährdung einheimischer Tier- und Pflanzenwelt eintritt. 25.04.2013 Seite 9

- Verordnung zum Bundesgesetz über Fischerei (2001) bezeichnet im Anhang 1 die drei in der CH als gefährdet geltenden Krebsarten (Edel-, Dohlen und Steinkrebs: nur eingeschränkte Nutzung)

- Verordnung über den Natur- und Heimatschutz (NHV, 2001): Art. 20: Ausnahmebewilligungen für Eingriffe in Biotop für Artenschutz

Ethische Fragen

Ethische Fragen zu invasiven Arten

- Die Ethische Evaluation des Problems impliziert die Frage nach der ethischen Legitimität der bestehenden Schweizer Gesetze.

→ Gibt es vernünftige Gründe warum einheimische Arten (1) geschützt werden, und damit

verbunden (2) einen besonderen gesetzlichen Status haben sollen?

- Welche ethischen Argumente sprechen generell für oder gegen die Eliminierung invasiver Arten in der Schweiz (z.B. Roter Sumpfkrebs, Ambrosia usw.)?
- Ist die Diskriminierung nicht-einheimischer Arten moralisch erlaubt? Haben diese keinen (inhärenten) Wert?

Zwei umweltethische Alternativen im Umgang mit nicht-menschlicher Natur

•Anthropozentrische Varianten

→ Natur darf instrumentalisiert werden, solange Menschen dadurch keinen Schaden erleiden, Natur als «Sache» oder Ressource. *(zum Beispiel das Image der Schweiz. --> wenn es den Steinbock nicht mehr gibt, hat Graubünden keinen „Werbebotschafter“ mehr. Das Tier ist eine Ware ohne Empfindungen)*

→ Natürliche Entitäten haben keinen inhärenten moralischen Wert, allenfalls haben sie einen nicht-instrumentellen, bspw. ästhetischen oder kulturellen Wert für Menschen. *(wenn die Natur keinen moralischen Wert hat, darf man sie ausnutzen für eine Sache)*

•Physiozentrische Varianten

→ Natürliche Entitäten wie empfindungsfähige Tiere, individuelle Lebewesen, biologische Arten und / oder Ökosysteme haben inhärenten moralischen Wert unabhängig vom Wert für Menschen einen Wert. *(Das Tier hat einen moralischen Wert, darf man nicht ausnutzen)*

Klassische Axiologie: eine umweltethische «Landkarte»

- Anthropozent: nur den Menschen mit Respekt behandeln. -
-> Nur die Meinung des Menschen ist gefragt
- Pathozentrist: auch Tiere haben Empfindungen
- Biozentrist: Alle Tiere haben Empfindungen
- Ökozentrist: alle Flüsse, Tiere, Pflanzen... haben Empfindungen. → well-being of ecosystem

- Bild neben an: Strukturierungsprinzip «expanding the circle»: die Klasse der moralisch relevanten Entitäten wird immer grösser



Anthropozentrische Argumente in Bezug auf invasive Arten

1. Argumente mit Bezug auf **ökonomische Faktorenspielen** in einigen Fällen eine wichtige (z.B. Zebrauschel in USA, Kaninchen in AUS), in andern nur eine marginale Rolle (Kosten für Verwaltung, Monitoring, einzelne Massnahmen usw. bei Rotem Sumpfkrebs in der CH).

2. Argumente **mit negativen Folgen für Gesundheit** von Menschen (z.B. Ambrosia oder ev. Tigermücke in CH) haben grosses Gewicht.

3. Argumente mit Bezug auf die Beeinträchtigung von Ökosystemfunktionen und –Dienstleistungen (z.B. durch Generierung artenarmer Bestände, vgl. etwa Kudzu-Invasion im Südwesten der USA; Bienensterben durch Varroa-Milben). → **Ökosysteme hier mit instrumentellem Wert für Menschen.**

Zwischenfazit

- Die erwähnten (anthropozentrischen) Argumente sind im Einzelfall zu überprüfen.
- Sie setzen keinen inhärenten Wert von nicht-menschlichen Arten voraus, sondern argumentieren mit negativen Folgen primär für Menschen.

- Falls keine negativen Folgen der erwähnten Art für Menschen zu erwarten wären, müssten invasive Arten nicht bekämpft werden. → Schweizer Gesetze (und mit ihnen viele Artenschützer «argumentieren») aber anders, respektive gehen von anderen ethischen Annahmen aus (vgl. die im Folgenden diskutierten vier Arten- und Naturschutzwerte).

Diskussion von vier Naturschutz- und Artenschutzwerten

Die (explizite oder implizite) normative These in den Gesetzen und in den Positionen vieler Naturschützer/innen besagt:

Einheimische Arten haben moralisch gesehen inhärenten Wert und müssen aufgrund der Tatsache, dass sie einheimisch sind vor einzelnen Vertretern invasiver Arten geschützt werden.

→ Wie kann man diese Position begründen?

Ich diskutiere vier der üblichen Natur- und Artenschutzwerte:

- (1) Natürlichkeit,
- (2) Ursprünglichkeit,
- (3) Wert bestimmter Arten,
- (4) Besonderheit bestimmter Artenbestände.

Diese Werte werden in der Regel physiozentrisch (biozentrisch oder sogar ökozentrisch-holistisch) interpretiert.

Natürlichkeit (Wert 1)

- Die Einführung durch Menschen gilt als unnatürlich (vgl. den Gegensatz von natürlich vs. künstlich oder vom Menschen gemacht).
- Aber: Das hier verwendete normative Naturbild ist als moralisches Kriterium problematisch (wegen der «Künstlichkeit» der territorialen Grenzen und weil der Übergang zum vom Menschen Verursachten graduell ist).
→ Vgl. z.B. anthropogene Vegetationsformen (in den Alpen, unseren Wäldern, Lüneburger Heide) oder Verhinderung natürlicher Sukzessionen und Entwicklungen im Naturschutz.
- Differenz unberührte Natur (Wildnis) vs. von Menschen gemacht oder beeinflusst ist in diesem Fall also willkürlich.
- Auch die Verbreitung der invasiven Art ist ja in gewisser Weise ein natürlicher Prozess, nachdem sie einmal ausgesetzt ist! → Paradox: in diesen «natürlichen» Prozess greifen wir wieder ein!

Ursprünglichkeit (Wert 2)

- Die Eigenart von über lange Zeit gewachsenen Lebensgemeinschaften (Stichwort: autochtone, einheimische Arten) ist schützenswert.
- Aber Natur ändert sich doch evolutiv ständig: Beliebigkeit der Ansetzung der Grenze für die Definition von Neobiota?
→ Gegenargument: menschlicher Einfluss (vgl. aber Argument gegen Natürlichkeit).
→ **naturalistischer Fehlschluss**: Weil autochtone Arten da sind, müssen sie erhalten werden.
- Schützenswert ist hier eher die evolutiv entstandene Natur als Heimat für Menschen, die auf dem Territorium der CH leben: Menschen haben eine Beziehung zu dieser partikulären und territorial gebundenen Geschichte

Warum ist eine Art schützenswert?

Antwort: Weil sie schon lange da ist. Aber: wie definiert man eine lange Zeit? Viele nennen die letzte Steinzeit. Es ist jedoch völlig beliebig!

Artenschutz (Wert 3)

1. Die Verdrängung einheimischer Arten durch Neobiota ist häufig nur lokal oder regional ein Problem (Thema ist also nicht die Art als solche, sondern die Art bei uns).

→ Falls nur ein territoriales Problem: Möglich sind dann anthropozentrische (besser: anthroporelationale) oder ökozentrisch-holistische Argumente.

2. Wenn eine Art doch als solche durch Neobiota gefährdet ist, soll sie, weil sie (wie alle Arten) einen inhärenten Wert hat geschützt werden (holistischer Biozentrismus).

→ Dafür dürfen Individuen anderer Arten diskriminiert und geopfert werden.

Biozentr. Argument: Alle Arten muss man ihrer Selbstwillen schützen!

--> Wenn man die Krebse in der Schweiz nicht schützt, gibt es an einem anderen Ort (Deutschland, Slowakei) Man schützt also nicht die Art an sich, sondern speziell bei uns → ist kein biozentr.

Argument sondern ein anthropozent. Argument!

Problem

• Unter Ethiker/innen ist die holistische Voraussetzung dieser normativen Aussage umstritten.

→ Sind Individuen einer (invasiven) Art moralisch wirklich weniger wichtig als andere Art(/en) als solche?

Biozentriker: Jede Art ist schützenswert! So dürfte man die invasiven Arten nicht umbringen, da sie alle gleich viel Wert sind.

• Dieser Holismus könnte jedenfalls bei bestimmten Arten ein Problem sein: bspw. wenn Wirbeltiere als tierethisch moralisch besonders wertvolle natürliche Entitäten geopfert werden müssten.

Schweine wurden 1492 auf Hawaii ausgesetzt. Dort bedrohen sie das Ökosystem. Nun will man sie umbringen → Nun kommen die Tierethiker: Schweine sind hochentwickelte Säugetiere!

Besonderheit des Artenbestandes (Wert 4)

• Gefahr weltweiter Angleichung der Floren und Faunen (= globale Homogenisierung): Vielfalt spezifischer Artenzusammensetzungen droht zu verschwinden. → Hier ist primär die Verschiedenheit (also nicht die Vielfalt in einem bestimmten System) und die Besonderheit von (über die Welt verteilten) Lebensgemeinschaften zentral.

• Könnte problemlos als ein ästhetisch-relationaler also anthropozentrischer Wert interpretiert werden, häufig natürlich auch als instrumenteller (Nutzen-)Wert für Menschen.

→ Warum soll das moralisch weniger Wert sein als physiozentrische Werte (resp. eigener moralischer Status)

• Die Alternative dazu wäre (wie bei Wert 3) ein ökozentrisch-holistisches Argument (inhärenter Wert von spezifischen Ökosystemen und von globaler Diversität bezüglich Ökosystemen).

Zur Semantik bei der Bekämpfung invasiver Arten

• Das Problem einer latenten artenschützerischen «Xenophobie»: Braucht es zum Schutz der Heimat wirklich «schwarze Listen» und Eliminationsmassnahmen?

• «Allgemeine sprachliche Bewertungen, wie sie in den Medien und z.T. auch in Schriften von Amtsstellen und Forschungsinstituten vorkommen [sind] fehl am Platz. Dies umso mehr, als solche Äusserungen manchmal fremdenfeindlichen und rassistischem Gedankengut bedenklich nahe kommen. Begriffe bei denen ein solcher Unterton nicht mitschwingt, sind: Regulierung, Eindämmung, Einschränkung und Steuerung gebietsfremder Arten.»

Auswertung der Diskussion

Resultate der Diskussion

1. Argumente für die einzelnen physiozentrische Werte sind entweder nicht haltbar (vgl. Wert 1), oder
2. negative Folgen, die befürchtet werden müssen, sind eventuell nur regional-territorial von Bedeutung (vgl. Wert 3), oder
3. die Werte können besser anthropozentrisch (vgl. Werte 2, 3 und 4) und nicht wie suggeriert (vor allem 3) biozentrisch (ökozentrisch) interpretiert werden.
4. Die Bevorzugung der einheimischen Arten aus der Perspektive des Physiozentrismus ist sehr voraussetzungsreich, also nicht leicht zu begründen.
→ Es ist sinnvoll, eher auf anthropozentrische, respektive relationale Werte zu setzen. Frage des moralischen Status rückt damit in den Hintergrund

Auswertung der Diskussion

Zur Debatte stehen nicht so sehr Naturbestände mit inhärentem Wert, sondern die Frage welche Natur wir wollen (= normativer Begriff von Natur).

- Worauf wir uns in unseren Natur- und Artenschutzdiskursen als «Natur» und «Natürlichkeit» beziehen, ist nicht einfach an der Natur «ablesbar» und selbstverständlich gegeben.
- Natur- und Artenschutz sind kulturell geprägte menschliche Aktivitäten! (Bspw.: Welche Veränderungen lassen wir zu?) Konservatismus des Artenschutzes (als Heimatschutz)
- Im Hinblick darauf ist die Bereitschaft, Kosten zu übernehmen (also nicht nur Kosten von negativen ökonomischen und medizinischen Folgen zu vermeiden) ein wichtiger Aspekt

1. Pflanzen an speziellen Standorten:

Überleben von Pflanzen in phosphatarmen Böden ohne Mykorrhizen:

- 80% der Pflanzenarten haben Mykorrhizen zur Phosphatmobilisierung
- 20% der Arten haben keine Mykorrhizen, darunter gibt es Spezialisten wie **Proteacea** die trotzdem auf Phosphatarmen Böden oder dort wo das Phosphat stark gebunden ist leben.
- Proteacea findet man in Australien, Südafrika, Südamerika, Mittelamerika, Südasien, Indien

Cluster Roots:

->zur Phosphatmobilisierung, die meisten Pflanzenarten die sie ausbilden sind nicht mykorrhiziert

->Ansammlung von dicht gepackten kurzen Seitenwurzeln

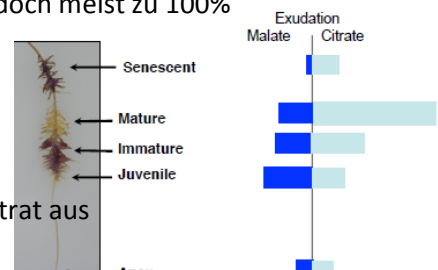
- **einfache (primären) Cluster Roots:** Seitenwurzeln entspringen direkt der Hauptwurzel
- **zusammengesetzte (sekundären) Cluster Roots:** neben der Verzweigung der Hauptwurzel sind auch die ersten Seitenwurzeln verzweigt (Banksia)

->**Dauciform Roots** der Seggen ≠ zu Cluster Roots da die Wurzelverdickung nicht durch Seitenwurzeln entstehen, sondern durch extrem lange Wurzelhaare

->**Funktion:** Sie mobilisieren effizient Phosphat aus dem Boden indem sie Carboxylate wie Citrat, Malat, Malonat ausscheiden (Zusammensetzung je nach Pflanzen- und Bodenart verschieden), die als Ionentauscher fungieren (die Säure wird in Boden- oder Gesteinspartikeln gegen Phosphat ausgetauscht). Zusätzlich säuern sie den Boden an.

->**Weisslupine als Modelnpflanze:**

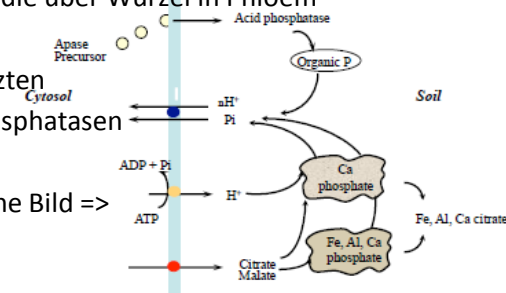
- Exudatzusammensetzung (wie bei Banksia) Bodenabhängig, besteht jedoch meist zu 100% aus Citrat und Malat
- primäre Cluster Roots mit unterschiedlichen Entwicklungsstadien:
juvenile= junge Roots, scheiden Malat und nur wenig Citrat aus
Immature= ausgewachsene Roots
Mature= ausgewachsene Roots, säuern Umgebung an, scheiden viel Citrat aus
Senescent=alternde Roots, scheiden nur noch wenig Säure aus



- Regulation der Citratabgabe streng mit Protonenabgabe (Ansäuerung) korreliert, unterliegt diurnalen Schwankungen. Wahrscheinlich Regulation über Zucker die über Wurzel in Phloem transportiert werden

- Ausscheidung von Phosphatasen: hydrolysieren Phosphat und setzen dadurch inorganisches Phosphat frei. hohe Konzentration von Phosphatasen vor allem in Immature und Mature

-> Wirkt Additiv mit Carboxylaten aus Phosphatverfügbarkeit, siehe Bild =>



Mikroorganismen im Boden:

->Durch 16S rDNA (vorhandene) und 16sr RNA (aktive) Untersuchung Einfluss der Wurzeln auf die Bodenmikroflora bestimmt (genauer s.6)

->Wurzelnah sind die Böden oft nährstoffreich (Mikroökosystem) durch die Exudate der Pflanzen

->**Lupinenwurzel:** Die Mature Cluster Roots haben Einfluss auf Bakterienpopulation durch die Ansäuerung und der Ausscheidung von Citrat (für einige Bakterien bessere Nährstoff als für andere, große Unterschiede zwischen den Bodenbakterien und den wurzelnahen Bakterien)

->Pflanzen müssen das **ausgeschiedenes Citrat vor Abbau schützen**, da organische Säuren ideale Nährstoffquelle für viele Mikroorganismen sind. Ein Teil des ausgeschiedenen Citrats und Malats wird im Boden gebunden, der andere von Bakterien verwertet.

- **Ansäuerung des Bodens** in Wurzelnähe, es ist erkennbar, dass das bakterielle Wachstum im Mature Stadium am meisten gehemmt wird, dort wird am meisten Citrat ausgeschieden und der Boden angesäuert.
- **pflanzliche Sekundärmetabolite** z.B. gegen Pilze, die im sauren Milieu gut wachsen. in Lupinen scheiden vorallem junge und immature Isoflavonoide aus, dadurch werden Pilze zum sporulieren gebracht = im Wachstum gehemmt
Cluster Roots scheiden ebenfalls Chitinasen und Glucanasen aus = Zellwandabbauende Enzyme, hemmen ebenfalls das Wachstum von Mikroorganismen

Fleischfressende Pflanzen:

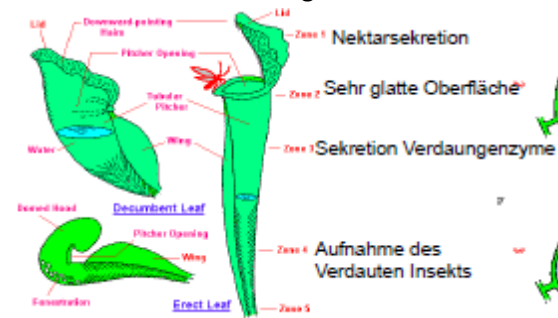
->verschiedene Strategien:

- **Drosera:** tentakelartige Ausstülpungen, scheidet klebrige Sekrete aus, Insekt bleibt am Blatt kleben, Bewegung dieser Blattausstülpung hält es zusätzlich fest
- **Venusfliegenfalle:** Das Blatt ist klebrig, schnelle Klappbewegung um das Insekt zu fangen
- Einige bilden **Kannen** deren Innenseite ebenfalls klebrig ist, weiter unten werden hydrolytische Enzyme sekretiert
- **Wasserpflanzen: (Utricularia)** bilden kleine Kannen, Strömung darin wirkt für kleine Wassertiere wie ein Sog
- **unterirdisch spezialisierte Blätter:** viele klebrige Trichome, daran bleiben kleine Würmer (Nemahtoden) kleben und werden dort verdaut.

->Selektive Pflanzen: z.B. unterscheidet die Venusfliegenfalle zwischen einem Kieselsteint und einem Insekt (bleibt länger geschlossen). Dies dient der Energieersparnis, diese Pflanzen leben in Nährstoffarmen Gegenden und benutzen Insekten als zusätzliche Nahrung (Stickstoff, Phosphat) zum Boden. Sie verhindern so die ständige Bildung von Enzymen wie Hydrolasen zum Verdau des Insektes. Hydrolasen werden gebildet sobald ein Insekt gefangen wurde und durch Ansäuerung des Safts aktiviert.

->Hydrolasen:

- Proteasen: mobilisieren Stickstoff
- Chitinasen: Auflösen des Panzers
- Phosphatasen: organisches Phosphat abspalten
- RNasen, DNasen: Stickstoff und Phosphat mobilisieren



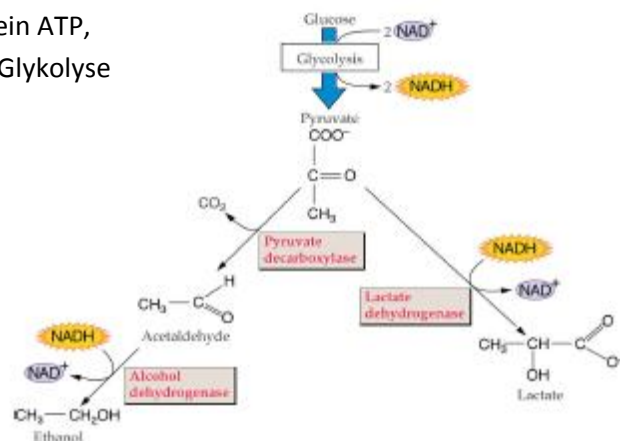
Pflanzen in sumpfigen oder überschwemmten Gebieten:

->**Anaerobios:** Sauerstoff diffundiert in Wasser nur langsam, nach einigen cm kann die Wurzel nicht mehr erreicht werden

->Ausbildung von **Aerenchyme** im Stängel von Wasserpflanzen um Energieversorgung aufrecht zu halten (Stängel hohl oder Stängelgewebe sehr locker, damit O2 nach unten diffundieren kann)

->**adaption an Anaerobiose:** wenn Felder zeitweise überflutet (Mais) können sie ein Aerenchym ausbilden. In der Übergangsphase bis zur Ausbildung wird der Stoffwechsel von Glykolyse auf Gärung umgestellt (Pyruvat->Lactat oder Alkohol). Die gärung erzeugt kein ATP, verbraucht NADH und bildet NAD, dass im ersten Schritt für die Glykolyse gebraucht wird und ein wenig ATP gebildet wird.

Die Zelle stellt erst auf **Milchsäuregärung** um und bildet Lactat, dadurch säuert sie das Cytosol an -> Hemmung der Lactatdehydrogenase. Die Zelle stellt auf **alkoholische Gärung** um und bildet Ethanol.
Ohne Anpassungszeit kann die Pflanze nichtüberleben, da Lactat in Zelle akkumuliert und ohne oder verminderter Alkoholdehydrogenase wird die cytosolische Ansäuerung nicht verhindert -> starke Schädigung



Schwermetalltolerante Pflanzen und Hyperakkumulatoren:

->Schwermetalle hemmen bei den meisten Pflanzen das Wachstum

->Einige Pflanzen leben auf schwermetallhaltigen Böden

->**Hyperakkumulatoren** akkumulieren riesige Mengen an Schwermetall, sie sind oft auf ein oder zwei Schwermetalle spezialisiert

Essentielle Schwermetalle	Nicht essentielle Schwermetalle
-Eisen, Kobalt, Kupfer, Zink->Mikronährelemente -Balance muss stimmen, zu wenig = Mangelercheinungen, zu viel = toxisch	-Blei, Cadmium ->toxisch

->Schwermetalle bilden leicht **komplexe mit organischen Molekülen** (Cadmium, Quecksilber und Kupfer mit Thiolen, Blei mit Thiolen und org. Säuren, Zink mit organischen Säuren, Nickel mit Histidin)

Hyperakkumulatoren:

- Sie **akkumulieren die Schwermetalle** im Spross 80-90% (≠zu anderen Pflanzen, die diese in Wurzel akkumulieren = Root-Shoot barrier)
- **Weg zum Spross:** Metalle werden zunächst von den Bodenpartikeln gelöst (s. oben), dann aufgenommen über Transportproteine und in der Vakuole zwischengespeichert. Um in den Spross zu gelangen müssen sie ins Xylem verfrachtet werden (bei Zink und Cadmium handelt es sich um eine ATPase, die sie in das Xylem transportieren). Sobald sie im Blatt sind werden sie wieder von den Zellen aufgenommen. Zum Schluss müssen sie zu den richtigen Organellen gebracht werden, überflüssiges wird in der Vakuole in komplexierter Form gespeichert.
- **In den Blättern** findet man die höchste Menge in der Epidermis = Fraßschutz vor Insekten

Schutz vor Schwermetallen:**Entgiftung in Pflanzen:**

- Fällung der Schwermetalle außerhalb der Wurzel durch Exkretion organischer Säuren (nur für nichtessentielle Schwermetalle möglich)

- Komplexierung im Cytosol und Transport in Vakuole und/oder Apoplast.

Gluthation und Gluthathionderivate spielen dabei eine wichtige Rolle:

- **das Cystein** ist ein stark reduzierendes Agens, andererseits reaktiv
- **Die Thiole** von zwei Gluthathionmolekülen können deprotoniert werden, an der Stelle kann ein zweiwertiges Kation mit Cadmium fixiert werden
- **Phytochelatine** entstehen aus zwei oder mehr Gluthathionmolekülen, sie besitzen also mehrere Thiole -> fixieren Schwermetalle effizient (Synthese im Cytosol, induziert durch Bindung von Cadmium an Phytochelatinsynthase)
- **Bierhefe:** bis-Gluthation-Cd direkt energetisiert in Vakuole transportiert
- **Spaltheife:** Phytochelatin wird in freier Form und mit Cd komplexiert in Vakuole transportiert

Auswirkung der Schwermetalle auf die Umwelt:

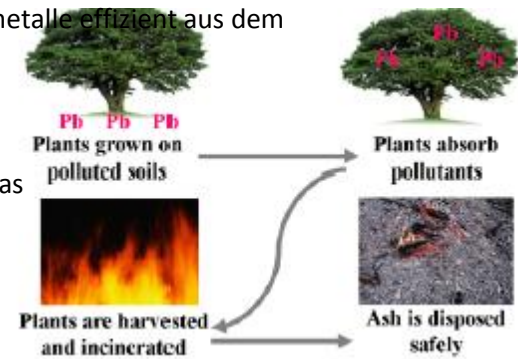
->große Flächen in Westeuropa mit Cadmium und Blei verseucht und in Osteuropa mit giftigen Schwermetallen wie Arsen oder Metalloiden -> Metalle gelangen in die Nahrungskette, allein in Bangladesh und Westbengalien 30mio Menschen toxischen Mengen Arsen ausgesetzt

->Arsen als Pestizid verwendet, durch Brunnenbau an die Oberfläche gelangt.

Gegenmaßnahmen:

- **in schwach kontaminierten Böden** Sorten finden, die wenig Schwermetall in essbare Teile der Pflanze verfrachten. Spezifität des Transports erhöht oder Substanzen die die Metalle binden
- **in stark kontaminierten Böden** Pflanzen ansiedeln, die Schwermetalle effizient aus dem Boden extrahieren

-> **Phytoremediation**: Mechanismus der Hyperakkumulation in Pflanzen mit großer Biomasse integriert, nach Ansammlung von Schwermetallen werden die Pflanzen verbrannt, dadurch wird das Metall aus dem Boden geholt, Energie gewonnen und Metalle recycelt.



Im Einzugsgebiet des Columbia River, zu dem in den Bundessaaten Idaho, Oregon und Washington auch der Snake River gehört, wurden Staudämme gebaut.

Diese erlauben:

- Die Produktion von Elektrizität
- Bewässerung grosser landwirtschaftlicher Nutzflächen.
- Schifffahrt

Die Dämme verhindern jedoch die Wanderung bestimmter sehr seltener Lachs- und Forellenarten. Diese Fischarten sind im Rahmen der nationalen Gesetzgebung streng geschützt. Das Problem sind neben den erwachsenen stromaufwärts an die Laichplätze schwimmenden Lachse, auch die geschlüpften Jungtiere, die es in die warmen und verschmutzten Wasser hinter die Dämme spült, wo oft viele umkommen. Wo Fische die Dämme nicht passieren können, werden sie teilweise eingesammelt, an den Dämmen vorbeitransportiert und flussabwärts oder -aufwärts wieder ausgesetzt, damit sie ihre Wanderung fortsetzen können. → Nutzen umstritten

Schritt 1: Analyse des Ist-Zustandes des konkreten Falls

1. Harte Fakten auflisten

- 1855: Die US-Regierung übernimmt Land von 12 Indianerstämmen (mit Gewährung immerwährender Nutzungsrechte für die Stämme).
- Ab 1920/30er-Jahre: starke Besiedlung in der Region Pacific North West und Bau von Dämmen (bis in die 70er-Jahre) im Hinblick auf Energie, Schifffahrt und landwirtschaftliche Bewässerung. Diese Aktivitäten werden teilweise bis heute subventioniert.
- Rückgang der Lachspopulationen: Macht aufgrund des Endangered Species Act Schutzmassnahmen nötig. → Die Effizienz der Artenschutzmassnahmen ist umstritten.
- Faktisch entstehen grosse Kosten für das Lachschutzmanagement. Darüber hinaus werden eventuelle Reparationszahlungen oder Entschädigungen an die Indianer befürchtet.
- In hier diskutierten Fall ist der Staat Eigentümer sowohl der Staudämme wie auch der Kraftwerke

2. Geltendes Recht berücksichtigen (ordnungspolitischer Kontext)

Durch den Rückgang der Lachspopulation ist durch den Endangered Species Act in Kraft getreten

3. Stakeholder (=Interessensgruppen) identifizieren

- Indianerstämme: Bewahrung ihrer traditionellen kulturellen Identität und Einhaltung alter Verträge.
- Angestellte der Dammbetreiber und Energieproduzenten sowie der Farmen und der Schifffahrt: Arbeitsplätze erhalten und ihren american way of life beibehalten können.
- Dammbesitzer und -betreiber, Energieproduzenten usw.: nachhaltig Gewinn erzielen und spezifische Dienstleistungen erbringen können. → Besitzer und Betreiber ist der Staat.
- Fischerei- und Tourismusbranche: nachhaltigen Fischfang und Tourismus erhalten und ausbauen.
- Naturschützer (und Wissenschaftler): Engagement für (Lachs-) Artenschutz.
- Gesetzgeber: Einhaltung der Artenschutz- und Wasserschutzgesetze.
- Steuerzahlende: Reduktion staatlicher Steuern aufgrund des Wegfalls der Subventionen beispielsweise für die Schifffahrt.
- Stromkonsumierende: Energieversorgung bewahren.

→ Die Fische sind keine Stakeholder, denn sie können sich nicht artikulieren

4. Kontextsensibilität entwickeln

Die Debatte wird auch deshalb so hitzig geführt, weil emotional tief verankerte Weltanschauungen und Naturphilosophie, kulturelle und politische Symboliken, welche unterschiedliche moralische Identitäten bilden, aufeinander prallen

Schritt 2: Die moralische(n) Frage(n) benennen

Probleme der Moral ...

- ... haben es mit Werten und Normen zu tun – sind nicht bloss deskriptiver oder empirischer Natur.
- ... sind keine Privatangelegenheiten; berücksichtigen (für Menschen zentrale) Interessen, Bedürfnisse, Rechte aller Betroffenen. → Hinsichtlich der Entscheidung moralischer Probleme ist man anderen Rechenschaft schuldig.
- ... sind (in der Regel) unparteilich zu entscheiden.
- Ihre Entscheidung lässt sich universalisieren: Alle in dieser Situation und unter gleichen Bedingungen sollten sich ebenso verhalten.

1. Moralisch relevante Frage(n) und Konflikte identifizieren

1. Den Interessen der Dammbetreiber und Energieproduzenten sowie der bei ihnen Beschäftigten steht das Interesse der Indianer an ihrer traditionellen Kultur gegenüber. 2. Den Interessen der Dammbetreiber und Energieproduzenten sowie der bei ihnen Beschäftigten steht der Stellenwert des Lachsschutzes gegenüber.

2. Strittige Frage formulieren

- Was ist der moralische Stellenwert der Kultur und des traditionellen Lebensstils der Indianer?
- Was ist der moralische Stellenwert des Lachsschutzes?

3. Nicht-moralische Aspekte ausscheiden

Ökonomische Argumente (pro und kontra)

(nicht weil nicht wichtig, aber moralisch nicht von Belangen):

- Diverse Kostenargumente: Mögliche Arbeitsplatzverluste, respektive Arbeitsplatzgewinne und Einsparungen im Bereich des Lachsschutzes werden miteinander verrechnet (Kosten-Nutzen-Analyse).
- Diese Argumente sind empirisch, und es gab und gibt unterschiedliche Zahlen dazu: Problem des Expertenstreits.
- Zur Aggregation von möglichen Kosten und Nutzen: Monetäre Aspekte allein sind moralisch nicht relevant. Die ökonomisch beste muss nicht die moralisch richtige Lösung sein (insb. sind Rechte von Individuen zu achten). → Moralisch relevant ist aber die Frage nach der gerechten Verteilung der Kosten und Nutzen.

→ alle Daten sind unzuverlässig. Jede Studie hat eine Gegenstudie. Diesen Expertenstreit kann man nicht moralisieren. Oft ist es der Fall, dass wir etwas nicht genau wissen und darum es nicht als Argument gebrauchen können. → solange man es nicht weiss, muss man es offen lassen

Versorgungsargument (kontra):

- Der Abbruch würde zu Energieengpässen in der Grossregion, inkl. Kalifornien führen. → analoge Argumentation wie oben.
- Es ist auch eine empirische Frage, ob Spar- und Effizienzprogramme sowie Alternativenergien (vor allem Windenergie) den Verlust (wie die Damabbruchbefürworter behaupten) kompensieren

könnten.

→ mit diesen Argumenten macht sich ein neuer Konflikt auf. Was darf ich vom einzelnen (an Energiesparungsleistung) verlangen, was nicht?

Ethische Argumente, deren Status umstritten ist religiöse Argumente (pro und contra):

- Religiös gebotene «Stewardship» (pro) vs. Mensch als Krone der Schöpfung (contra).
„Mensch hat von Gott den Auftrag, die Welt als Untertan zu machen“
 → in säkularer Ethik nicht, respektive in liberalen Kontexten nur beschränkt einsetzbar.
 → Analoge, nicht-religiöse «Philosophien» sind allerdings zentral: Ausbeutung der Natur vs. harmonisches Zusammenleben mit der Natur.

ästhetisches Argument (pro):

- Schönheit ursprünglicher Wildnis mit ihrer besonderen Artenzusammensetzung
- Kann aber je nach Moraltheorie doch moralisch relevant sein: Es ist moralisch geboten, spezifische Ökosysteme und Artenbestände zu erhalten, sofern diese Bestandteil des guten Lebens von Menschen sind.

„Ästhetik für Lebensführung wichtig, darum auch moralisch“

→ Bis jetzt hatten wir keine Wertung den Argumenten gegeben. Es handelte sich mehr um eine „Auslegeordnung“. In den nächsten Schritten geben wir eine Wertung und die einzelnen Stakeholder sind nicht mehr wichtig: Es ist eine Sammlung der Argumente.

Schritt 3: Analyse der Argumente

1. Argumente pro und kontra aufführen

Pro- Argumente	Contra Argumente
1. Kulturargument: Identität und tradierter Lebensstil der Indianer. 2. Artenschutzargument: Schutz der seltenen Lachsarten. 3. Argument des Tierleidens: Junglachse leiden im Stauwasser hinter den Dämmen. 4. Rechtliches Argument: Einhalten der bestehenden Gesetze (Endangered Species Act und Clear Water Act) und Verträge (mit den Indianern) als moralische Werte. 5. Gerechtigkeitsargument: «unfaire» Verteilung der Kosten zwischen Nutzniessern und der Allgemeinheit, respektive den Nicht-Nutzniessern	1. Arbeitsplatzargument: Jobverluste aufgrund der Dammbabbrüche haben nicht nur gesamtwirtschaftliche, sondern auch Folgen für Lebensstil und – pläne der Betroffenen. 2. Eigentumsargument: Der Schutz des Eigentums (mit den daran gekoppelten Wasserrechten) und des eingesetzten Kapitals ist ein hoher moralischer (Freiheits-)Wert. <i>„Wirtschaftsargument“, Eingriff in das Eigentum von jemanden.--> Enteignung</i>

→ Es spielt keine Rolle wie viele Argumente auf einer Seite sind

Schritt 4: Evaluation und Entscheidung

1. Standpunkt der Moral einnehmen

2. Argumente beurteilen und gewichten

Evaluation der Pro- Argumente	Evaluation der Contra- Argumente
<ul style="list-style-type: none"> • Kulturargument (pro 1): Die «basic needs» der Indianer sind nicht 	<ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsplatzargument (kontra 1): die Folgen für die betroffenen

<p>unmittelbar betroffen, aber ihre kulturelle Identität. (+) → Minderheiten sollen aber das für ihre Identität Relevante selbst definieren können! → Der geschichtliche Kontext wirkt hinein: Das an Indianern begangene Unrecht soll nicht verstärkt werden (symbolische Bedeutung). • Argument des inhärenten Wertes der Lachsarten (pro 2): Dieses biozentrische Argument ist hier bedeutungslos, da Lachsschutz von den Gegnern nicht notwendigerweise bestritten werden muss. (+/-) Dissens besteht in der Frage, wie dieser am besten umgesetzt werden soll. Das ist eine empirisch zu klärende Frage! • Argument des Tierleidens (pro 3): tierethisch-pathozentrische Argumente sind prima facie gültig, aber hier ist eine Güterabwägung mit wichtigen menschlichen Interessen nötig. (+/-) • Rechtliches Argument (pro 4): Warum soll geltendes Recht hier nicht umgesetzt werden? Problem der Rechtsunsicherheit: Wenn das Vertrauen ins Recht erodiert, hätte das negative gesellschaftliche Folgen! (+) • Gerechtigkeitsargument (pro 5): Kostenwahrheit und –transparenz, sowie faire Subventionsverteilung sind moralisch geboten. Mit dem Wegfall der Dämme hat man die entsprechenden Probleme nicht mehr. (+)</p>	<p>Menschen und ihre Identität / Biographie sind moralisch relevant. → Nachkommen von ausgewanderten Pionieren in eine menschenleere Wildnis (Symbolik!) haben analoge moralische Rechte wie die Indianer. (+) • Eigentumsargument (kontra 2) ist sehr stark: Recht auf Eigentum darf nur beim Schutz sehr hoher anderer Güter oder Werte ausser Kraft zu setzen. → Interessante Situation im Falle der 4 unteren Snake River Dämme: Der Staat ist Besitzer der Dämme / Kraftwerke. Kohärentes staatliches Handeln (Durchsetzen des Endangered Species Act) ist nicht nur zumutbar, sondern moralisch geboten. (-) → Vgl. die Aktivitäten diverser Richter gegen die Administrationen in Washington.</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

→ *Das Arbeitsplatzargument ist äquivalent mit dem Kulturargument (beides gibt Identität)*

Entscheidungsfindung (Aufnahme der Konflikte)

- Im Falle von Konflikt 1 und damit Pro 1 und Kontra 1 scheint ein nicht entscheidbarer Interessenkonflikt vorzuliegen. Die Kosten allein dürfen nicht relevant sein! → Ist aber nicht eine besondere Gewichtung der Interessen der Indianer vertretbar, denen historisch Unrecht getan wurde?
- Konflikt 2 ist bezüglich Artenschutzargument (Pro 2) nicht unmittelbar relevant.
→ bezüglich Tierleiden: Arbeitsplätze von Menschen sind zwar insgesamt wichtiger, aber es sollte doch versucht werden, das Leiden die Tiere zu minimieren (Argument für Abbruch).
- Die weiteren Argumente: Pro 4 und 5 stützen die Abbruchsoption (oder sind jedenfalls «nicht vom Tisch»). Das Eigentumsargument (Kontra 2) sticht in diesem Fall nicht.

Fazit

Die Evaluation der Argumente ergibt, dass der Abbruch der Dämme trotz der negativen Folgen für die Arbeitnehmenden und die Dammbetreiber zu favorisieren ist. Es gibt kein klaren Ja oder Nein.

Implementierung:

- Abfedern der gesellschaftlich negativen Folgen durch einen Sozialfonds für Betroffene, welche ihre Jobs verlieren.
- Lösungen im Hinblick auf den Transport der landwirtschaftlichen Produkte sind nötig: Könnte die Bahn und die entsprechende Infrastruktur (die teilweise existiert) ausgebaut werden?
- In einer Anfangsphase den Tourismus (Fischen und Wandern) fördern, damit möglichst rasch neue Stellen geschaffen werden.

3. Biodiversität

3.1 Definitionen, globale & lokale Muster

versch. Untersuchungsebenen: genetische Div; Artendiversität; Ökosystem-&Landschaftsdiversität

Skala:

α-Diversität--> bei Einzelfläche/-volumen (bsp „Schweiz“ im Fall von weltweiter Vogelstudie) --> innerhalb

β-Diversität--> bei mehreren Flächen (bsp „Europa“ bei weltweiter Vogelstudie) --> Div. zwischen Flächen

γ-Diversität--> Gesamtfläche

Biodiversität:

- Anzahl Arten
- Abundanz d. Arten (wieviele Individuen einer Art)
- Unterschiedlichkeit d. Arten

Bsp für Experiment: Biodiversitätserfassung d. Flachmoore über Zeit --> Frage: nimmt Biodiv. ab, wenn Fläche d. Habitats abnimmt? dh weniger Arten pro Fläche bei kleinerer Gesamtfläche?

Wichtige Masse:

Artenzahl S		
Individuenzahl N		
Artendichte d	$= S/\ln(A)$	Arten pro Fläche
Artendichte d	$= S/\ln(N)$	Artenzahl pro Individuenzahl
Proportion p_i der Art i	$= i/N$	Anzahl Individuen der Art i pro Individuenzahl
Shannon Index H'	$= -\sum[p_i \cdot \ln(p_i)]$	Index für „Gleichmässigkeit“ d. Verteilung v. Individuen auf die versch. Arten bsp: wenn alle Arten 10% von Gesamtindividuenzahl wird Shannon maximal (=2.3)
Effektive Artenzahl	$= \exp(H')$	Exponent von Shannonindex = effektive Artenzahl
Shannon Evenness	$= H'/\ln(S)$	Indikator für Abundanz (wenn Gleichverteilung dh alle Arten gleich häufig, dann =1)
Simpson Index C	$= \sum[p_i^2]$	geht bei hoher Div. gegen 0 -> Inverse deshalb einfacher
Inverser Simpson Index D	$= 1/\sum[p_i^2]$	Inverse von C

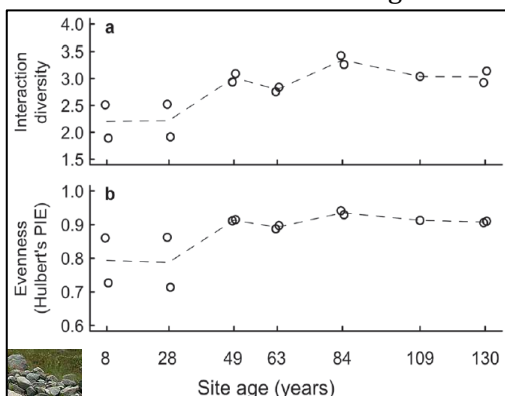
--> um Masse zu verstehen lohnt es sich mit der Excel-Tabelle „Heuschrecken“ auf Olat zu experimentieren!

Mit Formeln lassen sich versch. Abundanz-Verteilungskurven berechnen --> zeigen Wichtigkeit einer Spezies & illustrieren Veränderungen einer Gemeinschaft über Zeit. Bei Abundanzexperiment lässt sich oft feststellen, dass zwar Arten aussterben auf untersuchter Fläche, von versch. Funktionellen Gruppen (bsp Gräser, Leguminosen, etc) aber immer Vertreter zu finden sind --> Diversität zw. Gruppen bleibt erhalten! (zbsp entstehen nicht natürlicherweise Leguminosen-Monokulturen)

Wichtige Masse für Interaktionsdiversität:

Anzahl trophischer Interaktionen T		= Interaktionen zwischen Arten
totale Anzahl individueller Interaktionen L		
Proportion p_i der troph. Interaktionen i	$= L_i/L$	
Shannon Index d. Interaktionen ID_Q	$= -\sum[p_i \cdot \ln(p_i)]$	
Shannon Evenness	$= ID_Q/\ln(T)$	
Hurlbert's Interaktionsevenness, PIE	$= [L/(L+1)] \cdot [1 - \sum_i (L_i/L)^2]$	= Wahrscheinlichkeit von Begegnungen zwischen Arten

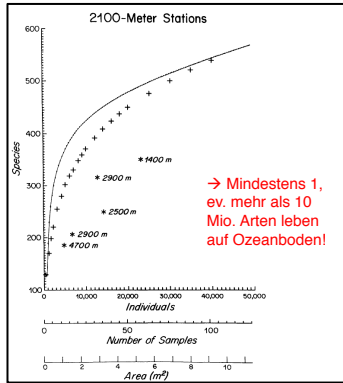
Masse dienen zur Untersuchung von Veränderung von Nahrungsnetzen über Zeit.



Bsp: Auf Gletschervorfeld wurde Interaktionsdiversität gemessen. Annahme: dort wo „ältestes Ökosystem“ dh dort wo der Gletscher vor 130 Jahren aufhörte, am meisten Spezialisierung d. Interaktionen zw. Arten
Beobachtung: nicht mehr Spezialisten --> mehr Generalisten!
=> Zunahme d. Interaktionen & d. Diversität dieser!

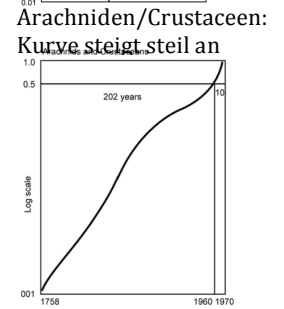
globale Muster totale Anzahl Arten wahrscheinlich viiiel grösser als bekannte Anzahl.
2 Schätzmethode:

- Extrapolation v. bekannten Artenzahl über Zeit: bsp bei Vögeln war schon 1850 die Hälfte der heute bekannten Arten bekannt --> Wahrscheinlichkeit für neue Entdeckungen gering, Kurve flach.
bsp bei Arachniden/Crustaceen kennt man die Hälfte d. heute bekannten Arten erst seit 1960 --> Wahrsch. für neue Entdeckungen gross, Kurve steil
- Extrapolation v. gefund. Artenzahl über Raum:



x-Achse = Anzahl Individuen & Gebietsgrösse
y-Achse = Anzahl Arten
=> Kurvenverlauf = wie stark wächst Anzahl gefundener Arten mit Gebiet --> Schätzung von weiterem Verlauf

- Generell mehr Arten:
- in grösseren Arealen
 - gegen den Äquator
 - in tiefen Lagen
 - bei besserer Wasserversorgung
 - Bakterien: NUR pH entscheidend (denn sehr gut adaptiert an versch. Umweltbedingungen)



Endemismus: = Arten kommen nur dort vor. Häuft sich gegen Äquator & an isolierten Stellen (Bsp Inseln)
Biodiversitäts/Endemismus-Hotspots: Madagascar, Philippinen & Sundaland sind generell die Wichtigsten!

Biodiversitätsindikatoren: generell heikel --> bei manchen Taxa gibt es Korrelation Bsp Blütenpflanzen & Schmetterlinge, aber bei vielen auch nicht da Konkurrenz um Platz/Licht/Nahrung.
Bei 2 Bsp in Skript (England & Australien) wird gegen Biodiversitätsindikatoren gesprochen (=> keinen Zusammenhang zwischen Vorkommen versch. Arten).

Evolution d. Biodiversität:

Zunahme	Abnahme
<ul style="list-style-type: none"> • Formenreichtum • Spezialisierungsgrad • Grösse & Komplexität 	<ul style="list-style-type: none"> • Verschiedenheit nahverwandter Formen

- > Biodiversitätsexplosion im Kambrium (vor ca. 530 Mio Jahren)
- > danach Biodiv. geprägt durch Aussterbeereignisse: 5 grosse Massenaussterben
 1. Ordovizium (vor 440 Mio Jahren) = kleine Eiszeit
 2. Devon (ca. 380 Mio Jahren) = unbekannt Ursache
 3. Perm (ca. 250 Mio Jahren) = Vulkanausbrüche & ähnliches
 4. Kreidezeit (ca. 200 Mio Jahren) = unbekannt Ursache
 5. Trias (ca. 50 Mio Jahren) = evtl Himmelskörper ==> Aussterben d. Dinosaurier!

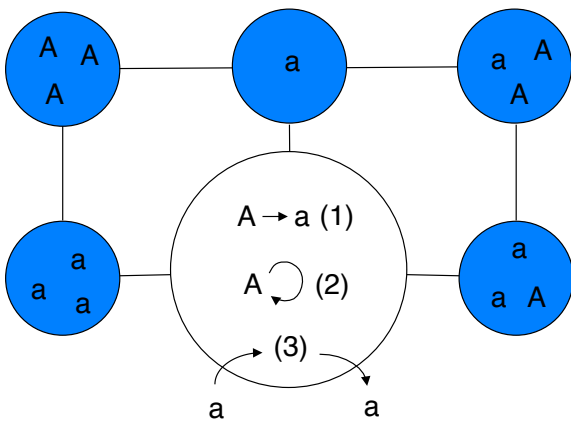
--> 6. Massensterben: durch Ausbreitung von Menschen verursacht! Betrifft v.a Tiere v. höheren trophischen Ebenen (Mammut, Säbelzahn tiger, Riesenfaultier, 10 versch. Pferdearten, amerik. Löwe, etc) ausser in Afrika. Ob grosse Raubtiere überlebten, hing davon ab, ob Mensch neu einwanderte oder schon da war.

Extrapolation d. Aussterberate: (Annahme dass 10 Mio Arten & eine Art 10 Mio Jahr überlebt)
--> erwartete zukünftige Aussterberate 10x höher als heutige!!
(denn heute schon 10-100x höher als in Distant Past)

lokale Muster

Faktoren die lokale Diversität beeinflussen:

- regionaler Artenpool
- Standortbedingungen --> environmental filtering
- Unterschiedlichkeit d. Arten --> limiting similarity
- Gebietsgrösse (Individuenzahl)
- Zeit & Störungen



zusätzliche Faktoren bei genet. Diversität:

- Mutation
- Populationsdynamik, Zufallsdrift, Selektion
(Zufallsdrift = Flaschenhals oder Gründereffekt)
- Migration (Individuen), Genfluss (Keimzellen)

--> Wie beeinflussen diese Faktoren genet. Diversität?

	α -Diversität (= innerhalb Population)	β -Diversität (= zwischen Populationen)
Mutation	+	keine Angabe
Zufallsdrift	-	keine Angabe
Selektion	+	keine Angabe
Migration, Genfluss	+	-

--> kann Evolution genet. Div. innerhalb v. Pop erhöhen?

=> Ja, aber nur über längeren Zeitraum (bsp disruptive Selektion = 2 Arten evolvieren auseinander)

Diversitätsmuster in historischer Zeit (dh bis 3000 vChr) in Zentraleuropa:

--> Zunahme d. Artenzahl bis 1850, seit dann Abnahme wegen Industrialisierung/Landw.intensivierung

- Habitatszerstörung/-fragmentierung
- Biologische Invasionen
- Eutrophierung
- Verschmutzung

Hubbel: Neutrale Theorie = Ökosysteme können aus beliebigen Arten zusammengesetzt werden

--> Artendiv. = Gleichgewicht von zufälligen Einwanderungen & Aussterbeereignissen?

Versuch in Lupsingen: Was passiert mit Monokultur wenn nicht mehr gejätet:

--> auf artenarmen Flächen: hohe Invasion (dh Monokultur geht kaputt)

--> auf artenreichen Flächen: hohes Aussterben

=> nach 5 Jahren alle Flächen ca. 12.1 Arten! (Hubbels Theorie kann nicht bestätigt werden)

=> UND: jede Fkt. Gruppe erreicht gleiche Artenzahl!

dh Zusammenspiel d. Funktionellen Gruppen ist relevant für Stabilität d. Systems

(welche Arten genau =weniger wichtig)

Versuche zur Wirkung v. ökolog. Ausgleichsmaßnahmen (Ausgleichsflächen)

--> untersch. Ergebnisse, aber Diversität erhöht sich generell, wenn Ausgleichsflächen vorhanden

3.2 Ökologische Nische, Konkurrenz, Koexistenz

Wieso existieren versch. Arten am gleichen Ort? Wieso verdrängt nicht Art mit grösster Fitness die anderen?

- Konkurrenzausschlussprinzip:
Wenn versch. Arten gl. Ressourcen nutzen --> nur die mit höchster Fitness überlebt
- neutrale Theorie d. Biodiversität:
Auch Arten mit gl. Fitness & gl. Ressourcen können koexistieren --> „Zufallsgleichgewicht“
- Störungen: (bsp Massenaussterbeereignisse)
verhindern Erreichen von Gleichgewicht --> Arten untersch. Fitness können koexistieren

Ökologische Nische

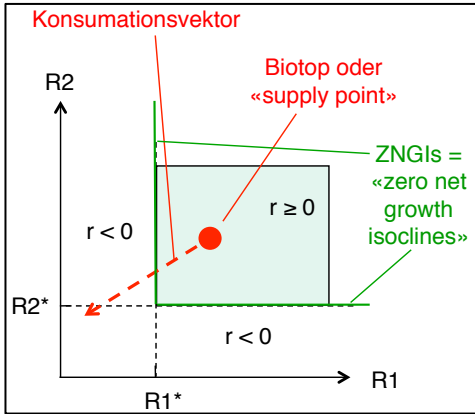
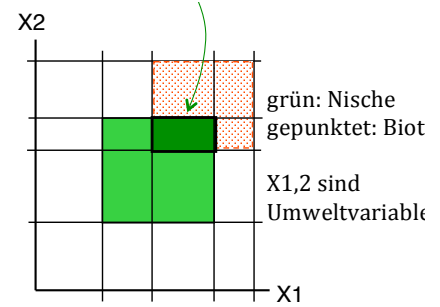
--> wenn Ressourcen nicht vollständig überlappen können konkurrierende Arten im Gleichgewicht existieren

Konzept:

- Nische als Biotoppauschnitt --> Invasion möglich falls unbesetzte Nischen vorhanden
- Nische als Produkt der Ressourcenaufnahme --> Rolle von Art in der Nahrungskette
- Nische als Eigenschaft einer Art --> Umweltbedingungen die Art für positives Pop.Wachstum braucht
- Nische als Eigenschaft & Produkt --> Ressourcenaufnahme *verändert* Umwelt

Fundamentale Nische = „Raum“ = Hypervolumen, definiert durch best. Achsen. **Ausserhalb von fundamentaler Nische ist Überleben nicht möglich.** (Bsp: Eichhörnchen: Hypervolumen begrenzt durch Anforderungen an Temperatur, Nahrungsgrösse, Zweigdichte)

Nische & Biotop --> Art kommt dort vor, wo sich Nische und Biotop überschneiden! Dort wo Umweltbedingungen so, dass Überleben möglich. (=> müssen nicht deckungsgleich sein!)



--> Vorkommen von Art wird erklärbar.
 ABER: Ressourcenachsen R1* & R2* können verschoben werden durch Art selbst! --> Arten verändern die Umwelt in der sie leben!

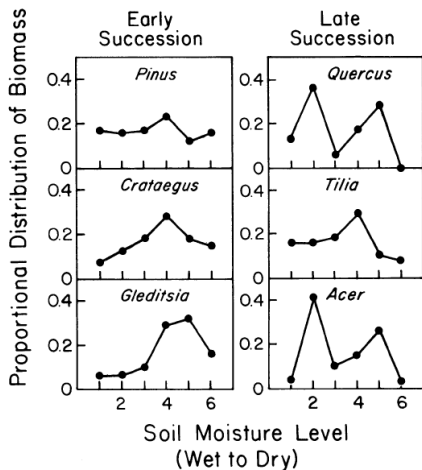
Dass Arten sich unterscheiden ist ein Indiz dafür, dass Nischen relevant sind!

--> Wieso sind Nischenränder keine scharfen Grenzen?

=> weil es immer Ökotypen & Individuen gibt, die Grenzen nach aussen drücken

--> Wie geht man mit Nischenachsen um, die keine Intervallskala? (bsp Nahrung, nicht zählbar von 1-...)

=> Kategorien machen



Bei Analyse d. fundamentalen Nische --> Unterschied zw. Pionierarten (=early succession) & Klimaxarten (late succession) wird sichtbar!
 ==> Klimaxarten kommen später, sind Spezialisten, an Extrembedingungen angepasst --> haben viel schmalere Nischen!!

Proportionale Leistung bei Ressourcenniveau i	p_i ($\sum p_i = 1$)
Anzahl d. Ressourcenniveaux	N
Levin's Nischenbreite	$B = (1/\sum [p_i^2])/N$
Roughgarden's Nischenbreite	Varianz $s^2 = \sum p_i (i - \bar{x})^2$

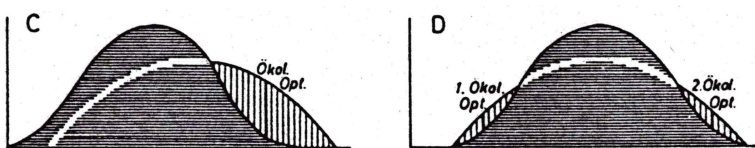
Es kann auch die Veränderung eines Merkmals (bsp Schnäbel Darwinfinken) im Zusammenhang mit Ressourcenaufnahme gemessen werden.

Realisierte Nischen: wenn mehrer Arten miteinander interagieren **wird fundamentale zur realisierter Nische** (Nische wie Seifenblase – wird von anderen Seifenblasen zusammengedrückt)
 Konkurrenz beeinflusst Nischenbreite.

Physiologisches & ökologisches Optimum

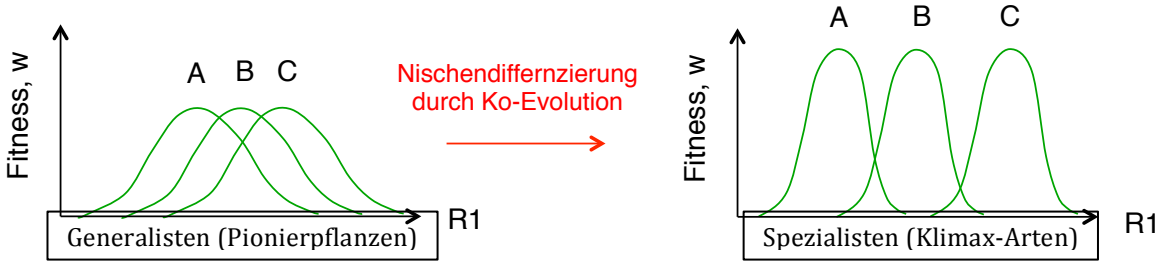
Konzept entspricht dem der Nischen: Wenn andere Art gleiche Nische besetzt, kann die andere Art nicht ihre gesamte fundamentale Nische

(*physiologisches Optimum*) nutzen, sondern wird kann nur noch die realisierte Nische (*ökolog. Optimum*) nutzen können, die ihr übrigbleibt.



Bestimmen d. Nischenüberlappung:

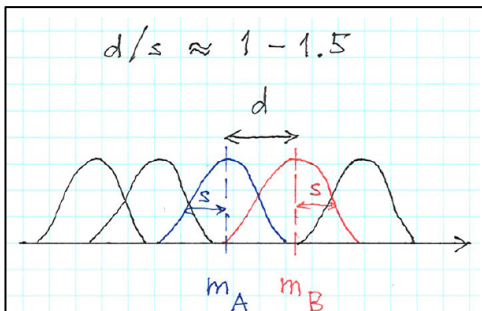
proportionale Leistung d. Art A bei Ressourcenniveau i	p_{iA} ($\sum p_{iA} = 1$)	
Levin's Distanz zw. 2 Nischen	$d = \sum (p_{iA} - p_{iB})^2$	entspricht einer <i>geometrischen</i> Distanz
Schoener's Proportional Similarity	$PS = 1 - \frac{1}{2} \sum p_{iA} - p_{iB} $	--> liegt zw. 0 und 1



Klimaveränderung:

Generalisten --> breitere Nische --> können sich besser an ändernde Bed. anpassen, bei extremerem Klima wären aber Spezialisten besser dran, die sterben aber aus ==> zukünftiges Problem!
 --> mgl. Konsequenz: veränderte Zusammensetzung von Generalisten/Spezialisten

Limiting Similarity:



Wenn Nischen anhand von Merkmalen d. Ressourcenaufnahme (bsp Schnabellänge, Wurzeltiefe, etc) gemessen werden, sollte Abstand d zwischen Artmittelwerten mind. 1 Standardabweichung s betragen!!

Wenn Biotop oder Nische sicher verändern --> evtl mehr Überlappung => **Invasion**

Konkurrenz & Koexistenz

Nischenüberlappung = Hauptgrund für Konkurrenz bzw. Fehlen von Koexistenz!

2 Erklärungsansätze für Konkurrenz:

1. Hubbel (siehe ZF S3)
2. Niscentheorie

Lotka-Volterra beschreibt Veränderung von Populationsgröße N von Art A über die Zeit:

$$dN_A/dt = r_A N_A (K_A - N_A - \alpha_{A,B} N_B) / K_A$$

(r = Wachstumsrate --> exponentiell)
 (K = Tragkapazität = hypotetische Pop.grösse ohne Konkurrenz)

$\alpha_{A,B}$ = Konkurrenzkoeffizient

- = 1 --> beide Arten gleichwertig dh. konkurrenzieren einander gleich stark
- < 1 --> Art A wird weniger von B beeinflusst als von sich selbst
- > 1 --> Art A stärker von B beeinflusst als von sich selbst
- = 0 --> keine interspezifische Konkurrenz

Koexistenz möglich wenn:

- wenn $\alpha_{A,B} < K_2/K_1$
- wenn $\alpha_{B,A} < K_1/K_2$

--> Falls $K_1 = K_2$ muss α einfach kleiner als 1 sein

Artendiversität erhöht Nischenzahl, das erhöht wiederum Artendiversität!

Bsp: wenn mehr versch. Prädatorenarten --> mehr versch. Beutearten! (wenn alle alles fressen würden müsste sich Beute nicht differenzieren)

Störungen erhöhen Artendiversität über Zeit!

Konkurrenzversuche: es wird immer Gesamtdichte konstant gehalten
(versch. Versuchsflächen --> versch. relativen Anteil d. versch. Arten)

Zur Erklärung von Koexistenz müssen alle Arten miteinbezogen werden. Bsp bei Pflanzen: da Wachstum schlussendlich nur von einigen wenigen Ressourcen limitiert --> alle α -Werte um 1 => Symbiose mit Bodenorganismen muss miteinbezogen werden.

Einfluss von Böden:

Wenn Monokultur lange auf dem gleichen Boden --> wachsen immer schlechter weil sich auf diese Pflanze spezialisierte Pathogene im Boden akkumulieren können.

=> Diversität = Schutz vor Pathogenbefall! => Pflanzen wachsen besser auf „fremdem“ Boden

Funktion von Biodiversität

- Anpassungsfähigkeit (diverses Ökosystem kann besser auf Umweltveränderungen reagieren)
- Arbeitsteilung (bsp Nutzung verschiedener Bodentiefen)

--> Fkt von Biodiversität/Variation auf versch. Ebenen beobachtbar:

1. Funktion von phänotypischer Variation *innerhalb von Individuen*
=> bsp 1 Pflanze reduziert Wachstum um anderer Pfl. Reproduktion zu ermöglichen
=> bsp 1 Efeublatt reduziert Blattfläche: ermöglicht anderem Blatt (bessere Lage) grössere Fläche
2. Funktion von phänotypischer Variation *innerhalb von Populationen*
=> hält Gesamtertrag konstant dh. wenn mehr Pflanzen pro Fläche sind sie kleiner als wenn alleine
3. Funktion *genetischer Diversität*:
=> erhöht Anpassungsfähigkeit von Population an Umweltveränderungen
(bsp statische vs. dynamische Umwelt => Genpool ist in statischer Landschaft viel grösser
=> erhöht Vitalität:
Individuen mit mehr Heterozygotie (entsteht durch genet. diverse Population) sind fitter!)
=> reduziert Ausbreitung von Krankheiten (bsp Mehltau)
(bsp Folgen für GM-Weizen: Arbeitsteilung bei Resistenzgenen ist besser! Lieber zwei versch. GM-Weizensorten mit je einer Resistenz auf 1 Feld als beide Resistenzen in einer Sorte, da das zu viele Kosten bringt.)

Bedeutung von genet. Div. in Reproduktion:

=> Pollenkörner von versch. Vätern erhöht Samenanzahl!

Erklärungen:

- **Durchschnittsbildung:** dh. die einen Pollengene sind besser, die anderen schlechter --> wenn viele versch. Pollen ist durchschnittliche Fitness d. Nachkommen wahrscheinlich höher als wenn nur von 1 Vater (der könnte schlechte Gene haben)
- **Dominanzeffekt:** dh 1 Vater hatte besonders gute Gene --> alle Früchte von diesem Pollen überleben, wenn Pfl. oft von diesem Pollen bestäubt => gesteigerte Fitness! aber nur auf Dominanz von 1 Vater zurückzuführen
- **Komplementarität:** dh die einen Früchte haben diesen Fitnessvorteil, andere diesen => „Arbeitsteilung“ bsp durch untersch. Pathogenresistenzen

==> Diversität ist nützlich!

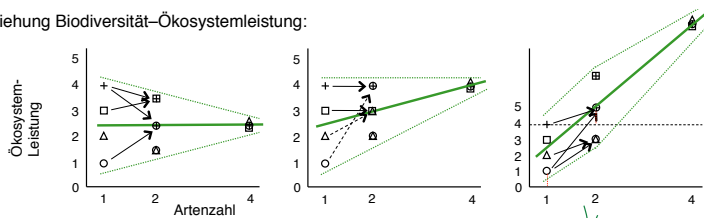
Ist sie eine Strategie? Kann Diversitätsstrategie evolvieren? (--> ja bei sex. Fortpflanz. aber sonst?)

Problem:

Div. entsteht durch Variation von Genotyp innerhalb Population (--> disruptive Selektion), aber Diversitätsstrategie müsste durch Gruppenselektion entstehen können. (=2nd-order Evolution)

Frage für versch. Versuche: was ist Wert von Biodiversität?

Beziehung Biodiversität–Ökosystemleistung:



hier: Bsp für Bodentiefe: 3 mögliche Mechanismen (Durchschnittsbildung, Dominanz, Sampling)
--> Sampling kann Biodiversitätsstrategie sein!
=> **ist ertragssteigernd!**

Biodiversität hat grösseren positiven Effekt auf Ertrag wenn Biotop grösser da weniger Nischenüberlappung!

ABER: ob Biodiversität positiven Einfluss hat, hängt von Interaktion von Arten ab:

- > Antagonismus (bsp Bakterien produzieren Toxine): Pop.grösse nimmt mit zunehmender Artenzahl ab!
- > Komplementarität = Arbeitsteilung: Ertragssteigerung bei grösserer Diversität

Zum Zusammenhang zwischen NPP und Artenzahl zeigen versch. Studien versch. Ergebnisse

=> kommt daher dass untersucht wurde wie NPP sich bei weniger Arten ändert.

In Natur werden aussterbende Arten aber durch andere ersetzt --> kann in Versuch nicht berücksichtigt werden.

Konsequenzen für Landwirtschaft

Natürliche Ökosysteme (=diverser als Bewirtschaftete) sind nicht produktiver als Bewirtschaftete. Aber Bewirtschaftete Flächen können VIEL produktiver gemacht werden, wenn man Diversität fördert!

Bsp Heu: Produktivitätssteigerung am grössten wenn Düngung UND grössere Artenzahl!

--> Fehlannahme: kein Dünger bei Mischungen, deshalb weniger Ertrag

Biodiv. von Pflanzen fördert Biodiv von anderen Gruppen! (Heuschrecken, Regenwürmer, etc)

Globale Konsequenzen: Biodiv bringt enorme Vorteile

- CO₂ Speicherung
- Schädlingskontrolle
- Trinkwasser
- Bodenfruchtbarkeit

Kapitel 2: Interaktion zwischen Pflanzen-Pflanzen, Pflanzen-Insekten durch Sekundärmetabolite**Pflanzliche Sekundärmetabolite:**

- stehen nicht direkt mit dem Wachstum und Entwicklung in Zusammenhang, einige Klassen haben jedoch primär und sekundärmetabolite (Terpenoide)
- erhöhen die **Fitness** der Pflanzen – Schutz vor widrigen Umweltbedingungen
- sie sind oft sehr **Pflanzenspezifisch**
- **Hauptklassen:** Alkaloide, Phenolische Stoffe, Terpenoide
- **kleinere Klassen:** Betanine, Cyanogene Glucoside Glucosinolate

Synthese phenolischer Stoffe: (nur kurz behandelt, hab das wichtigste hier aufgeführt, s. Bio 131)

- entstehen aus aromatischen Aminosäuren
 - vor allem aus dem **Shikimatweg** synthetisiertem **Phenylalanin**:
 - aus Phosphoenolpyruvat und Erythrose-4-Phosphat entsteht über mehrere Zwischenschritte Shikimat.
 - aus Shikimat entsteht durch ATP und Phosphoenolpyruvat (PEP) über Zwischenschritte die Produkte Phenylalanin, Tyrosin, Tryptophan etc.
 - Aus **Phenylalanin** wird durch die **Phenylalaninammoniumlyase (PAL)** desaminiert, es entsteht **Zimtsäure** die zu **Cumarsäure** (1-Phenol) hydroxyliert wird. Über weitere Oxidationen, Hydroxylierungen, Methylierungen entstehen eine Vielzahl von **phenolischen Stoffen** (z.B. Flavonoide)
 - **Flavonoide:** Grundgerüst aus C6-C3 Gerüst aus dem Shikimatweg und aus Bausteine aus dem Mevalonatweg (3Malonyl-CoA die jeweils carboxyliert werden und zu einem C6-Ring fusionieren)
 - Viele dieser Stoffe sind für die Pflanze toxisch, sie muss sie abbauen oder in der Vakuole speichern.
 - **Blütenfarbstoffe:**
 - Anthocyane:** gehören zu Familie der Flavonoide, glykolytiert, hydrophil, die Farbe hängt von ihrer Hydroxylierung ab (wenig= rot, stark=blau), dem vakuolären pH und der Metallassoziaton (liegen nicht frei in in der Vakuole vor) ab. (s. auch Praktikum)
 - Xanthophylle:** gelb, Tetraterpen
 - Carotinoide:** gehöre zu den Tetraterpenen, sind rot, lipophil
- => Unterscheidung zwischen Anthocyane und Carotinoide durch ihre Hydrophobizität, Carotinoide lösen sich in Öl, Anthocyane in Wasser

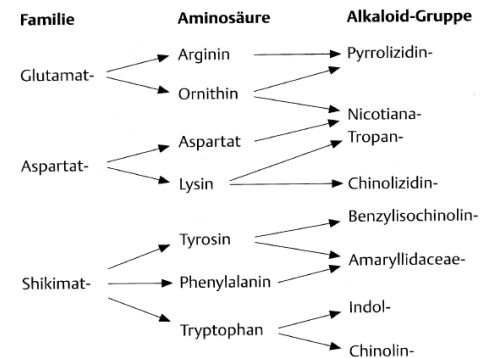
**Terpenoide:**

- sind sowohl Primärmetaboliten (Carotinoide, Phytohormone) als auch Sekundärmetoblite (Blütenfarbe, Bestäuber, Co-Evolution)
- **Synthese über zwei verschiedene Wege:**
 - 1.Acetat/Malonatweg:** Im Cytosol, 3 Acetyl-CoA werden aneinander gefügt zu dem ersten C6 Körper, über Phosphorylierung und Decarboxylierung entsteht Isopentenylidiphosphat (C5). Über Modifikationen an dem C5 Körper entstehen verschiedenste Terpenoide
 - 2. In Plastiden:** aus Pyruvat und Glyceraldehyd-3-Phosphat entsteht Isopentenylidihosphat =>Unterscheidung der zwei Wege über ¹³C-Glucose mit NMR-Analyse, der cytosolische Weg ist Acetatmarkiert, der Plastidische Pyruvatmarkiert.
- **Kettenverlängerung** bis C20 durch Aneinanderfügen von Isopreneinheiten

- Tri- und Tetraterpene werden durch Verdopplung von Sesqui- bzw. Diterpene synthetisiert und nicht durch Monoterpenen, da diese kaum gefunden
- Pflanzenspezifisch, nahe verwandte Arten enthalten ähnliche Terpene, die sich häufig durch die Lage der Hydroxylgruppe unterscheiden. (z.B. Minze: Limonen, Carvon, Menthon, Menthol), ätherische Öle tragen dann zum Schutz vor Insekten bei.
- Durch Modifikationen wie Zyklisierung von Monoterpenen, Hydroxylierung, Oxidation, Methylierung entstehen eine Vielzahl an Substanzen von Terpenoiden (s.22)

Alkaloide:

- stickstoffhaltige Sekundärmetaboliten
- Synthese immer von Aminosäure aus

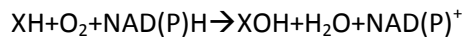


Kapitel 3: Schutz vor giftigen Stoffen

->Entgiftungsmechanismus ist in Pflanzen und Tieren sehr ähnlich:

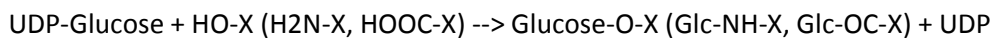
- 1.) Substanz durch Hydroxylierung aktiviert über Cytochrom P460 Monooxygenasen (keine Gluthationisierung nötig)
- 2.) Substanz wird an ein hydrophiles Molekül gekoppelt, keine Diffusion in der Zelle mehr möglich
- 3.) Substanz wird in der Vakuole gespeichert oder ins Außenmedium ausgeschieden

Allgemeine Reaktion der Cytochrom P450 Monooxygenasen: (WISSEN!!)



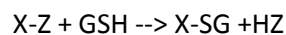
- Es wird nur ein O₂ übertragen
- NADPH reduziert zunächst nur eine membrangebundene Cyt P450 Reduktase, die wiederum weitere Cyt P450 Monooxygenasen reduziert
- Es gibt von ihnen eine große Anzahl Isoenzyme, die je nach Bedingung expremiert werden und diese Weg katalysieren

Glykosyltransferasen:



- es entstehen durch Gruppen anhängen O-D-Glucoside, O-Glucosidester, N-Glucoside
- viele Isoenzyme (60 in Arabidopsis), die je nach Umweltbedingungen und Entwicklungsstadien expremiert werden

Glutathiontransferase:



- brauchen Substrat mit elektrophilen Abgangsgruppe
- Homo- und Heterodimere
- meist cytosolische, lösliche Enzyme, in Arabidopsis ca 50 Isoenzyme, Expression je nach Umweltbedingungen und Entwicklungsstadium

Kapitel 4: Allelopathie

- ➔ Unterdrückung des Wachstums einer Pflanze durch Ausscheidung toxischer Substanzen (Allelochemikalien) von einer anderen Pflanze andere Spezies.

- **Nussbaum:** Die Blätter enthalten eine Juglon in einer glykolisierten nicht toxischen Form, sobald die Blätter zerfallen am Boden zerfällt auch die untoxische Form von Juglon, es gelangt in den Boden -> Wachstumshemmende Wirkung
- **Leucaena leucocephala** (Mimosenart von Nussbaum): ähnlicher Vorgang wie beim Nussbaum. verschiedene Pflanzen reagieren unterschiedlich auf diese Substanz. Die Mimosenart selbst wird nicht davon angegriffen, entweder da Produkte im Boden nicht modifiziert werden und sie sie wieder aufnehmen kann und in die Vakuole verfrachten kann, oder das auch Katabolite wieder effizient metabolisiert und entgiftet werden können.
- **Ceratiola ericoides** (ein Gebüsch): vorallem in USA, wächst in sehr sandigem Boden und verhindert so die Erosion, allelopathische Wirkung unterschiedlich je nach Art.
- **Weizen:** (z.B. Lolium) scheidet phenolische Stoffe aus, allelopathischer Effekt korreliert mit der Menge produzierten Stoffes der unterschiedlichen Weizen Arten.
- **Centaurea maculata:** scheidet Catechin aus, in USA sehr invasiv scheiden mehr Catechin aus als die nicht invasiven in Europa, Aktivkohle vermindert den hemmenden Effekt auf andere Pflanzen. Ohne Kohle wird das Wachstum anderer Pflanzen um 50% reduziert.

Identifikation der Substanz als Ursache für allelopathischen Effekt:

- Pflanze in Hydrokultur anziehen
- Extraktion der ausgeschiedenen Substanzen aus dem ausgeschiedenen Wasser der Wurzel
- Substanz auf allelopathischen Effekt prüfen
- wenn ja, Fraktionierung der des Substanzgemisches, Test der einzelnen Substanzen auf den Effekt

Autoallelopathie:

- ⇒ Wenn Pflanzen über Jahre auf dem gleichen Feld, ohne Rotation kultiviert, entsteht der Effekt der Autoallelopathie, die Pflanzen wachsen nicht mehr gut, Wurzeln können sich nicht mehr gut entwickeln.

Kapitel 5: parasitische Pflanzen nutzen Signalwege

- ⇒ **Sesquiterpenelactone Strigolactone** regen Verzweigung der initialen Hyphe an und induzieren den ersten Schritt im Signalweg der Mykorrhizierung
- Wenn Strigolactone zum Samen kommt keimt er, es ist das Signal, dass eine Wurzel in der Nähe ist
- Die parasitische Pflanze erkennt das Signal von Strigolactone und bildet ein **Haustorium** und dringt do durch die Epidermis zum Xylem, sobald sie auf die Wurzel der Wirtspflanze trifft =>Wirtspflanzen-Parasit Verbindung
- **Striga:** bekannteste parasitische Pflanze, sie befällt bevorzugt den Mais, richtet so in Afrika und USA große Schäden an

Kapitel 6: Pflanzen- Insekten Interaktion:**Schutz vor Frassfeinde durch Sekundärmetaboliten:**⇒ **Strategien:**

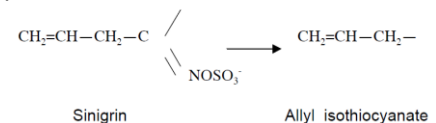
- Spezifische Substanzen, in kleinen Mengen sehr toxisch
Bsp: Herzglycoside (glykolisierte Steroide), von Digitalis produziert, beeinflussen den Herzrhythmus->sehr toxisch
 - Produktion von Mengen wenig toxischer Substanzen, geschmacklich abstoßend
Bsp: Tannine(kondensierte Phenole) macht Pflanze geschmacklich unattraktiv
- ⇒ Pflanzen mit hohe **Phenolproduktion** werden weniger von Frassfeinden angegriffen

Alkaloide: enthalten Substanzen, die die Frassfeinde abhalten

- ⇒ werden in großen Mengen produziert, als auch in hoch toxischer Form
- **Morphin:** Bestandteil des Opiums, dass vom Schlafmohn gewonnen wird durch Erhitzen der Samenkapsel. Opium bildet ein Abwehrmittel gegen Fraßfeinde, falls Heuschrecken über Mohnfelder herfallen verkleben sich die Mandibeln, die Alkaloide, die im Opium stecken vergiften das Insekt
 - **Coniin:** vom Schierlingskraut synthetisiert -> Lähmungserscheinungen
 - **Senecionin:** von Senecio produziert->wird in Blüten akkumuliert, für Tiere gefährlich
 - **Lupanin:** von Lupine produziert -> schmeckt bitter, ist giftig
(Süßlupine bildet kein Lupanin = Futterpflanze, da anspruchslose Züchtung)

Kohlengewächse:

- ⇒ für die meisten Insekten giftig, Glucosinolate werden gebildet die bei der Verletzung des Blattes durch Insekten zu Isothiocyanate zerfallen.
- ⇒ Insektenarten wie der Kohlenweissling wird davon nicht abgehalten, er legt seine Eier in die Blätter mit höchsten Glucosinolatkonzentration (Erkennung durch Rezeptoren am Bein) ab um sie vor Frassfeinden zu schützen

**Indirekte Abwehr:**

- ⇒ Raupen ernähren sich von *Nicotiana attenuata* von acyliertem Zucker, das in den Trichomen der Pflanze vorkommt. Die Zucker verwenden sie als Kohlenstoffquelle, den Acylrest scheiden sie aus der von räuberischen Ameisen erkannt wird und so eine Fährte zu den Raupen gelegt wird. = Indirekte Abwehr der Pflanze vor den Raupen

Kapitel 7: Pflanzliche Sekundärstoffe und Bestäubung

- ⇒ Insekten werden durch die Blütenfarbe und Duftstoff der Pflanze angezogen

Experiment: an Petunien

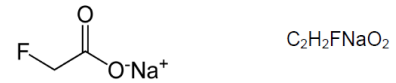
- *Petunia axillaris*: **weißblütig**, wird vom Nachtfalter angefliegen
 - *Petunia integrifolia*: **rotblütig**, wird von *Bombus terrestris* angefliegen
 - Hybridformen: Beiden Insekten bevorzugen die entsprechenden Farben auch in dieser Form
- ⇒ Bei der Anregung der **Anthocyan synthese** bevorzugen beide Insekten wiederum die *Petunia* mit der entsprechenden Farbe
- ⇒ **Problem:** Experiment in Gewächshaus, Atmosphäre mit Blütenduft gesättigt, beide Parameter spielen eine Rolle
- ⇒ Blütenduft wird von weiter weg wahrgenommen, die Farbe ist ein lokaler Einfluss

->Duftstoffe wichtig bei Interaktion zwischen Pflanze und Insekt, aber auch bei Fledermäusen
 ->Emittierung der Duftstoffe nicht bei jeder Tages und Nachtzeit gleich, es gibt Tag und Nachtbestäuber

Parfüm Herstellung: Aus nur 8 verschiedenen Duftstoffen wird die meiste Anzahl an Duftnoten hergestellt

Kapitel 8: Co-Evolution

⇒ Tiere lernen mit den Waffen der Pflanzen umzugehen



Fluoroacetat: Gastrolobium synthetisieren Fluoroacetat, es wird wie Acetyl CoA metabolisiert wodurch Fluorocitrat entsteht. Fluorocitrat hemmt die Zellatmung indem es die Aconitase hemmt, die im Citratzyklus Citrat in Isocitrat umwandelt

Vergleich der Tierarten:

Tierart	Ratte	Echse (südwestaustralien, geht schon Jahre mit dem Gift um)
Coexist with fluoroacetate-bearing vegetation	Nein	Ja
LD ₅₀	2-3 (bei sehr geringen Mengen folgt schon vergiftung)	>800 (sehr resistent gegen das Gift)
Bildung von fluorocitrat aus fluoroacetat in %	87%	57% (Die Umwandlung ist kleiner, da sie an Gluthation gekoppelt ist)
Inhibierung von Aconitase	26µM	65µM (Es ist viel mehr Gift nötig um das Enzym zu hemmen)
In vitro defluorination von fluoroacetat (nmol/mg protein/h)	9	72 (hier ist mehr Fluor nötig zur Bildung des Giftes)

⇒ Die Südwestaustralische Art hat über die Jahre gelernt mit dem Gift umzugehen, Sie haben

Cyanogene Glycoside: Cassava und Sorghum produzieren dies viel als Sekundärprodukte. Sobald die Blätter durch den Frassfeind zerstört werden, werden die in der Vakuole gespeicherten cyanogene Glykoside durch Glucosidase (Zuckerabspaltung)(meist apoplastisch) in toxisches HCN umgewandelt.

- Zygaena filipendula (spezialisierte Insekten) fressen diese Pflanzen und speichern die cyanogenen Glykoside in spezielle Drüsen, sobald es berührt wird, schüttet es die toxische Substanz aus -> Schutz vor Frassfeinden.

Falls Sie keine geeignete Pflanze finden können sie die Substanz auch selbst bilden
 Beim Paarungsverhalten spielen sie auch eine Rolle, Männchen mit viel dieser Substanz werden bevorzugt. Das Brautgeschenk sind Spermien mit cyanogenen Glykosiden = Schutz für das Weibchen.

Monarchschnetterling: Die Raupen ernähren sich von Asclepias speciosa und akkumulieren dessen Toxin => Schmetterlingen für Frassfeinde unattraktiv.

Das Abwehrsystem der Pflanze gegenüber dem Schmetterling nicht mehr effizient

Kapitel 9: Mimikry

Frasschutz: Insekten imitieren das Erscheinungsbild von giftigen Artgenossen

Vermerhung: Orchideen ahmen das Erscheinungsbild und die Pheromone der Insekten nach um bestäubt zu werden (z.B. von Wespen). Durch den Geruch werden je nach Artspezifität verschiedene

Tiere/ Arten angezogen.

Vermeidung des Eielergens: einige Pflanzen ahmen auf ihren Blättern Eier nach, um Insekten abzuhalten welche abzulegen, da sie auf Blättern, wo schon Eier abgelegt wurden keine mehr platzieren um ihren Nachwuchs vor Konkurrenz zu schützen.

Kapitel 10: Tripholische Interaktion- Pflanzen rufen Insekten zu Hilfe

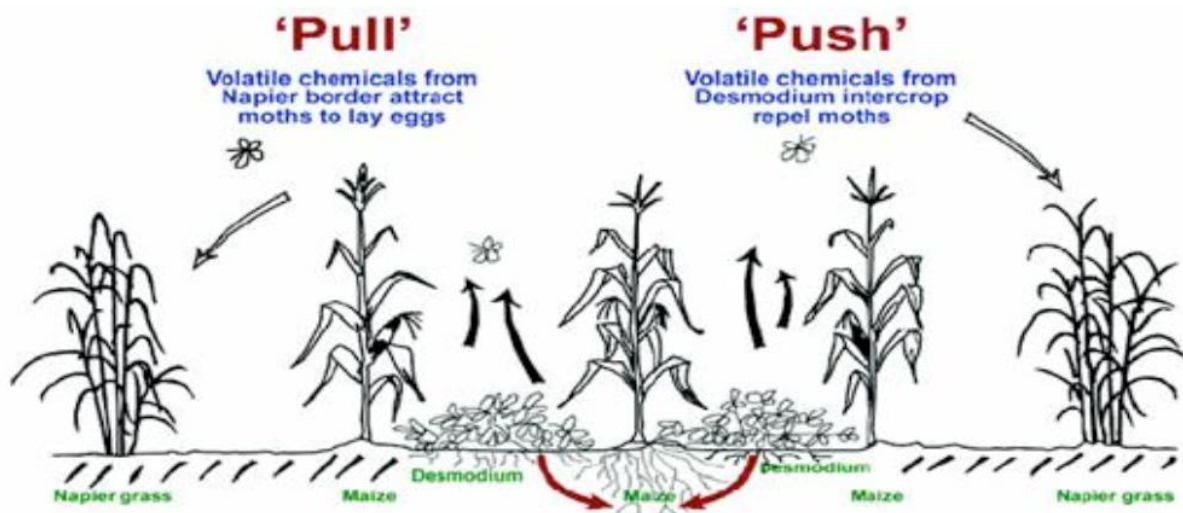
tripholische Interaktion: Eine Pflanzen ruft durch chemische Signale einen Feind des Herbivoren zu Hilfe

- Drei Organismen sind daran beteiligt: Pflanze, Herbivor, Parasit des Herbivors
- Die Pflanze erkennt gewisse Substanzen im Speichel des Herbivors die die Synthese gewisser Stoffe bewirken, die den Parasiten anziehen
- die reine Verletzung löst dies nicht aus
- Auch im Boden vorhanden, Mais exkretiert Sesquiterpen Caryophyllen durch die Wurzel die von den Käfern gefressen werden um parasitische Nematoden anzuziehen

Kapitel 11: Chemische Ökologie und Landwirtschaft:

Pull-Push System:

- Am Rande des Maisfeldes werden Pflanzen kultiviert, die Duftstoffe emittieren, die die Parasiten der Frassfeinde abhalten (Napier Gras).
 - Der Mais wird mit Pflanzen Co-kultiviert, die die Herbivoren abhalten und gleichzeitig Strigabefall unterdrücken (Desmodium)
- ⇒ Schutz vor Ernteausfall durch Befall von Schädlingen



Chemicals (isoflavones) secreted by desmodium roots inhibit attachment of striga to maize roots and cause suicidal germination of striga seed in soil