

Mitschriften → keine Haft für Fehler  
Wer Rechtschreibfehler findet darf sie behalten! ;-)  
by Thomas, Gunnar, Patrick

Literatur:  
Hartmut Bick - Ökologie  
Begon, Harper, Townsend - Ökologie (Spektrum der Wissenschaft)

-----

Ernst Haeckel: "Wissenschaft von den Beziehungen des Organismus zur umgebenen Außenwelt einschließlich aller Existenzbedingungen"

Liebig 1840: chemische Düngung mit "Wirkung des Faktors im Minimum"

Forel, Thienemann und Naumann 20Jh.: biozönotischen Grundgesetzen fasst Thienemann die Wechselbeziehungen zwischen der "Artenmannigfaltigkeit" (Biodiversität) und Stabilität von Ökosystemen

Koebeles Bekämpfung einer aus Australien in Kalifornien eingeschleppten Orangen-Schildlaus durch "Nachholen" von Marienkäfer (Entwicklung der biologischen Schädlingsbekämpfung)

Aber auch wissenschaftliche Arbeiten führen zur Entwicklung mancher Grundkonzepte der Ökologie.

Möbius (1877) untersucht Austernbänke und entwickelt das Konzept von Lebensgemeinschaften zwischen verschiedenen Arten "Lehre von den Biozöosen"

A.v.Humboldt erkennt bereits 1807 "Vergesellschaftungen von Pflanzen". Grisbach gründet 1872 die "Formationslehre".

Gradmann die "Phytosoziologie". Tansley formuliert das "Ökosystemkonzept".

Auf der Basis dieser Erkenntnisse werden im 20.Jh. die "überorganismischen Beziehungsgefüge" vertieft (Kausalanalyse + Quantifizierung + experimentelle Analyse). Dies führt z.B. zur Entdeckung der Biorhythmik) oder der Temperatursummenregeln (zum Beispiel bei Pilen bei Summe von 570 Grad kommen sie heraus).

-----

Biozönose: Gemeinschaft von Lebewesen die miteinander assoziiert sind

emergente Eigenschaften: Eigenschaften entstehen durch Kombination der einzelnen Eigenschaften

## Gliederung der Ökologie:

(Un-)Gleichgewicht zwischen reduktionistischen und holistischen Ansätzen:

- Die "systematische Ökologie"

(Ökologie der Mikroorganismen, Pflanzen oder Tiere z.B. der Insekten, Vögel, Säuger usw.) ist als natürliche Verlängerung der Biologie vorwiegend reduktionistisch versucht aber durch eine "bottom up" Integration in die Holistik zu gehen.

-Ein Bezug auf Landschafts- oder Funktionseinheiten ist dafür von vornherein holistischer (Humanökologie, Waldökologie, Landschaftsökologie, Urbanökologie usw.) weil dabei integrierte Einheiten untersucht werden, ohne Anstrengung alle Detailmechanismen sondern ihre Funktionen zu verstehen.

Die Klassische Dreiteilung:

### - **Autökologie**

(Schröter, 1896) ist reduktionistisch. Geht von Einzelorganismen & Individuen aus und beschreibt ihre Phänologie und Standortsansprüche (z.B. Klima, Boden). Die Methoden sind die Beobachtung und Experimentierung.

### - **Populationsökologie**

(oder Demökologie, Schwertfeger, 1968) liegt zwischen Reduktionismus und Holistik.

Erkennt, dass weder Individuen noch Arten sondern lokale Populationen sich auf die Bedingungen eines Ökosystems anpassen.

Untersucht den Einfluss von abiotischen und biotischen Faktoren auf Populationen.

Die Methoden sind neben Feld und Laborarbeiten die Anwendung von mathematischen Modellen. Die Inspirationsquelle war oft spektakuläre Ereignisse, wie ein Befall von Parasiten.

### - **Die Synökologie**

(Schröter, 1902): holistisch, erkennt die Ökosysteme als Basisorganisation für Stoff- und Energieflüsse.

In einer 1. Phase der Inventarisierung und qualitativen Beschreibung von Wechselwirkungen beschäftigt ("soft ecology" mit unter Nutzung konzeptioneller Modelle).

In den vergangenen 30-40 Jahren legt sie Schwerpunkt auf die Quantifizierung von Flüssen und die Dynamik von Systemen ("hard ecology") unter Nutzung quantitativer Modelle mit in- und output in und von "black boxes".

-Versuch von grafischer Synthese

(Grafik: 1\_1)

*Systemökologie* (Nachhaltigkeit)

-naturnahe Systeme mit Darstellungen versus anthropogene degradierte Systeme

-Monetarisierung (Fußabdruck), Legislation

-Ressource Änderung (Boden, Atmosphäre)

-Verwaltung der Ressourcen

-Akquisition von Ressourcen

- intra - und interspezifische Wechselwirkungen

-Konkurrenz, Prädation, "Facilitation"

-----

## 1.Kapitel Synökologie

Ressourcen:

*Energie:*

- Sonnenstrahlung
- Weltkarte der jährlich von der Erdatmosphäre absorbierten Sonnenstrahlung nach Radiometerdaten des meteorologischen Satelliten Nimbus 3 (in  $\text{J cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$ ) (Nach Raushke et al 1973)
- Energiefluss in der Phytophagennahrungskette
- Pflanzen nutzen nicht das volle Spektrum des Sonnenlichts
- 2% gehen nur in die Photosynthese ein
- Beziehung zwischen der absoluten Minimaltemperatur und der Anzahl an Familien von Blütenpflanzen auf der Nord- und Südhemisphäre (Nach Woodward 1987)

2.Vorlesung: bei Herrn Kaldorf

### Der Stickstoffkreislauf

- globales Vorkommen von Stickstoff
- die für den Stickstoffkreislauf wichtigen Stickstoffverbindungen
- biologische Umwandlung verschiedener Stickstoff-Formen
  - Stickstoff-Fixierung
  - Ammonifikation
  - Nitrifikation
  - Denitrifikation
- 

(Grafik 2.1 Kreislauf und Umsatzwege des Stickstoffs in einem Landökosystem)

### globales Vorkommen von Stickstoff

#### Lithosphaere Mrt Tonnen

Gestein 190000 000  
Sedimente 400000  
Kohleablagerungen 120

#### Atmosphäre

Molekularer Stickstoff( $\text{N}_2$ ) 3900 000  
Distickstoffoxid ( $\text{N}_2\text{O}$ ) 1,4  
Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) 0,0017  
Org. Stickstoff 0,001

Stickoxide 0,0006  
Nitrat

## Ozeane

Molekularer Stickstoff gelöst... ( unvollständig )  
Abgestorbene org. Substanz ....  
Nitrat  
Ammonium  
Nitrit  
Biomasse  
Distickstoffoxid

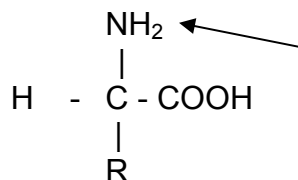
## Terrestrische Biosphäre

Abgestorbene org. Substanz  
Anorganische Substanzen  
Pflanzliche Biomasse  
Sonstige Biomasse

Folie 3 → Eigenschaften wichtiger Stickstoff-Verbindungen

Tafelbild  $\text{NO} + 1/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2$

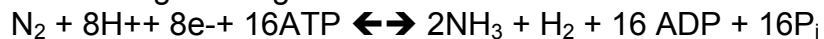
$\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$



Folie4

### Stickstoff-Fixierung

Reaktionsgleichung :



die Fähigkeit zur Fixierung von  $\text{N}_2$  ist auf Prokaryoten beschränkt. Innerhalb der Prokaryoten können viele systematisch nicht verwandte Gruppen  $\text{N}_2$  fixieren:

- freilebende, aerobe Bakterien (z.B. Azotobacter)
- fakultativ anaerobe Bakterien (z.B. Klebsiella pneumoniae)
- anoxygen phototrophe Bakterien (z.B. Rhodospirillum)
- frei lebende Cyanobakterien (z.B. Oscillatoria)
- symbiotische Cyanobakterien (z.B. Anabaena / Azolla)
- symbiotische Actinomyceten (z.B. Frankia / Alnus [Erle])
- symbiotische Knöllchenbakterien (Rhizobium/ Leguminosen)

- die Reaktion wird von der Nitrogenase katalysiert, einem Enzymkomplex aus einem Eisen-Protein und einem Molybdän-Eisenprotein
- die Nitrogenase ist gegenüber Sauerstoff empfindlich, so dass spezielle Strategien zum O<sub>2</sub> Ausschluss erforderlich sind

Folie 5 → Anabaena ambigua mit Heterozysten (einscannen)

Folie 6 → Bohnenpflanze mit Wurzelknöllchen (einscannen)

Folie 7 → Bilanz der Stickstoffs-Fixierung

	Kg N <sub>2</sub> /ha und Jahr	10 <sup>6</sup> t/Jahr
Biologische N <sub>2</sub> -Fixierung durch		
Leguminosen (Rhizobium)	55-140	14-35
Reisfelder (Anabaena/Azolla)	30	4
Andere pfl. Symbiosen	5	5
Böden	2,5-3	30-36
Aquatische Systeme	0,3-1	10-36
Industrielle N <sub>2</sub> -Fixierung	-	30
Atmosphärische Fixierung	-	7-8

Folie 8 →

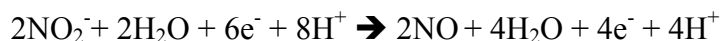
### **Denitrifikation (Nitratatmung)**

- denitrifizierende Bakterien reduzieren in Abwesenheit von Sauerstoff Nitrat zu N<sub>2</sub>
- Nitrat dient dabei als terminale Elektronen-Akzeptor, die Enzyme der Reaktionskette sind mit der Atmungskette gekoppelt, so dass die Bakterienenergie gewinnen
- Die Umwandlung von Nitrat zu N<sub>2</sub> entzieht den Böden pflanzenverfügbaren Stickstoff in großem Umfang (ca. 80x 10<sup>6</sup> Tonnen pro Jahr)

Reaktionsgleichungen:



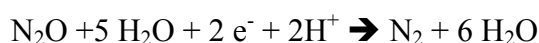
Enzym: Dissimilatorische Nitratreduktase



Enzym: Dissimilatorische Nitritreduktase



Enzym: Stickstoffmonoxid Reduktase (NO-Reduktase)



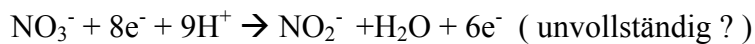
Enzym: ..... (N<sub>2</sub>O-Reduktase)

Folie 9 →

### **Nitrat – Ammonifikation**

- für viele Bakterien, Pilze und Pflanzen zentrale Reaktion zur Nutzung von Nitrat als Stickstoffquelle (assimilatorische Nitratreduktion)
- bei einigen Bakterien als alternative Atmung unter anaeroben Bedingungen (dissimilatorische Nitrat-Ammonifikation)

Reaktionsgleichung in beiden Fällen:

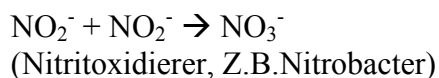
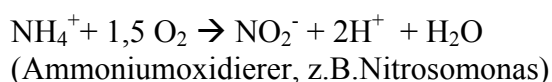


Folie 10

### **Nitrifikation**

- die Reaktion ist auf eine Familie gram-negativer Bakterien ((Nitrobacteraceae) beschränkt
- die Oxidation von Ammonium zu Nitrit und weiter von Nitrit zu Nitrat liefert die Reduktionsäquivalente, die für Biosyntheseprozesse benötigt werden
- die Ammoniumoxidation ist energetisch ungünstig. Zucker oxidierende (veratmende) Bakterien benötigen ca. 2g Zucker zur Synthese von 1g Zell –Trockensubstanz. Ammoniumoxidierer müssen dagegen ca. 30g Ammonium zur Synthese von 1g Zell-Trockensubstanz oxidieren
- daher wachsen nitrifizierende Bakterien langsam (Generationszeiten von 10-20h) setzen aber pro Zelle viel mehr Substrat um als z.B. denitrifizierende Bakterien

Reaktionsgleichungen:



Folie 11 → einscannen 19.4 glaube ich

Das jährliche Stickstoffbudget des unzerstörten Hubbard-Brook-Versuchswaldes. Durch die Kästen sind die jeweiligen Stickstoffpools (Angaben in kg N/ha) symbolisiert. Die Klammern beziehen sich auf die jährlichen Zuwachsraten, die Transferraten sind in kg N/Hektar) und Jahr angegeben (Nach Bormann et al. 1977)

Folie 12 → 19.6 einscannen

Das Stickstoffbudget eines dänischen Milchwirtschaftsbetriebs für das Jahr 1984 Die Werte sind in Kilogramm N pro Jahr angegeben. (Nach Bennekou und Schroll 1988)

Folie 13 →  
Einscannen

Abb.8.9. Nitratkonzentration im Rhein bei Koblenz(verändert nach NICKLIS, 1991, ergänzt nach Umweltbundesamt, 1992)

Folie 14 → einscannen

Abb.8.10. Zusammenhang zwischen der Nitratkonzentration in 40 großen Flüssen der Erde und der Anzahl Menschen, die im jeweiligen Einzugsgebiet leben (verändert Nach WorldResourcesInstitute, 1992)

Folie 15→ einscannen 19.5

### 3. Vorlesung

#### ***Akquisition und Nutzung der Ressourcen in Ökosystemen***

1. Ökosysteme sind komplexe, integrierte Systeme, die Energie fangen, verteilen, transformieren und akkumulieren
2. Es werden hier lediglich die Energie- (C) /und Stickstoff)Ressourcen betrachtet.
3. Die primäre Energiequelle ist die Sonneneinstrahlung, die von den Primärproduzenten (P) durch C Fixierung oder Photoassimilation zur chemischen Energie transformiert wird. Dieser Energiepool wird dann von Konsumenten (K) durch Atmung (Respiration, R) verbraucht, wobei die verfügbare Menge bei jeder Trophiestufe geringer wird (K1, K2, K3 usw. ) (Abb.1.5!! einscannen →Globalstrahlung ) Dies bedingt die Biomasse Verteilung entlang der Nahrungskette
4. Diese lineare Betrachtung entspricht nicht der Realität, da alle Primärproduzenten und Konsumenten totes organisches Material produzieren (TOM, Total Organic Matter), das zum teil von Saprophagen (S) und Destruenten (D) zur Bildung von Biomasse (B) und Atmung benutzt wird, zum Teil auch nach Transformation in einem Depot (in Böden und Sedimenten → Abb. 1.8 →einscannen) gelagert wird. Solche Depots stellen die zweite oder sekundäre Energiequelle in Ökosystemen
5. Neben Photoautotrophen Produzenten, die (Abb. →1.9) C mit Lichtenergie fixieren zählen auch chemoautotrophe Organismen zu den Primärproduzenten, wobei ihr Beitrag quantitativ wesentlich kleiner ist. Nahrungsketten sind jedoch aufgrund der zweit Typen von Produzenten mit deren Konsumentengeflecht grundsätzlich komplexe Systeme
6. Ein ähnliche Komplexität ist bei der Mobilisierung und Verteilung weiterer Ressourcen (z.B. N) zu verzeichnen (siehe Vorlesungsstunde von Dr. Kaldorf) (Abb. 1.15 → einscannen )
7. Primäre Energiequelle (Sonnenstrahlung), Strategien ihrer Transformation zur chemischen Energie (Photosynthese)
8. Die Lichtressourcen sind in der Jahresbilanz auf der Erdoberfläche relativ homogen verteilt (Abb. 3.1 → einscannen )
9. Jedoch gibt es eine große Saisonale Heterogenität in der Lichtverteilung in den unterschiedlichen Regionen (Abb. 3.3 → einscannen)

#### ***Folie 2***

1. Auch die Verfügbarkeit von CO<sub>2</sub> ist saisonal und in Beständen sehr heterogen (Abb. 3.6. → einscannen) wobei CO<sub>2</sub> für die Photosynthese stark begrenzend ist

2. (Abb. 3.8. → einscannen) Als weitere beeinflussende Faktoren sind in aquatischen Ökosystemen neben der Einstrahlung auch die Nährstoffkonzentrationen zu nennen (Abb. 18.12)
3. während in terrestrischen Ökosystemen das Klima (T und Niederschläge) besonders wichtig ist (Abb. 18.6) und einen Einfluss auf die Adaptation und die Evolution hatte
4. Aus dieser Evolution resultieren verschiedenen Strategien, um die Strahlung zu fangen (Abb. 3.2) ,die sich bis auf die physiologische Ebene niederschlagen
5. Die photosynthetisch aktive Strahlung (PAS) stellt 56% der gesamten Sonnenstrahlung an der Erdoberfläche dar (Wellenlänge zwischen 380-710 für die Chlorophyllpigmente) von Pflanzen, bei Bakterien Absorptionsspitzen bei 800,850&870-890nm.
6. Es gibt einen Konflikt zwischen der CO<sub>2</sub> Aufnahme und dem Wasserverlust über die Spaltöffnung.
  - Dies führt zur Mittagsdepression in der Photoassimilation
  - sowie zu speziellen Adaptationen (C3,C4,CAM Pflanzen)
    - C3 Calvin-Benson-Zyklus:CO<sub>2</sub> durch Ribulose-1.5-biphosphat-Carboxylase (Rubisco) als C3-Säure (Phosphoglycerinsäure) fixiert
    - C4 Harch-Slack-Zyklus CO<sub>2</sub> Bindung durch Phosphoenolpyruvat (PEP)-carboxylase als C4 Säure und Transfer zum Blattmesophyl, wo der C3 Zyklus läuft (örtliche Trennung von der CO<sub>2</sub> Aufnahme und der Photoassimilation)
    - CAM auch PEP-Carboxylase aber Spaltöffnung in der Nacht(zeitliche Trennung von der CO<sub>2</sub> Aufnahme und der Photoassimilation)
7. Die Wirksamkeit der drei Wege ist variabel, wobei jeder eine Anpassung an spezifische ökophysiologische Bedingungen darstellt (Abb. 3.4)

### Folie 3

	C3	C4	CAM
Optimale Temperatur in °C	15-25	30-45	35
Lichtsättigung der CO <sub>2</sub> Assimilation(Kilo Lux)	30-80	80	<80
H <sub>2</sub> O Bedarf für 1g TG (ml)	450-950	230-250	50-55
Max CO <sub>2</sub> Assimiltation(mg CO <sub>2</sub> dm <sup>2</sup> h <sup>-1</sup> )	15-35	40-80	0.5-0.7
Wachstum (1g TG dm <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup> )	0.5-2	3-5	0,01-0,02

- Diese spezifische Adaptation spiegelt sich in der funktionellen Diversität wieder (Abb. 18.5)
- Dementsprechend variable sind die NPP pro Flächeneinheit, wobei bei der Betrachtung der Wirksamkeit der verschiedenen Systemen

29.04.03



## ***Vorlesung 4***

siehe Tafelbild.pdf  
und Kopien

## ***Glossar***

- Adaption – morphologische Anpassung an veränderte Umweltbedingungen.
- Adaptation – Dinge werden genetisch Bedingt über lange Zeiten geändert  
...evolutionäre Anpassung also