

Welcome...

(to your 2nd semester; **IFEM**)

Module *Ökologie und Wildtiermanagement*

- module component:
- *Wildtiermanagement* (Rieger)
 - *Dendrologie/Artenkenntnis* (Stein)
 - *Ökologie (Ecology)* (Linde)

What do I want YOU to learn in „*Ecology*“?

(summer and fall term together, March 2025 – January 2026)

Goal

Students understand the basic principles of ecology and the methods used to investigate (forest) ecosystems. They are able to apply that knowledge in practical field work, analyze the results and draw conclusions on the status and potential development of a managed forest ecosystem.

- Interdisciplinary thinking (combine various subjects)
- Understand the effects of your actions (professional or personal) on the environment
- Enable you to find solutions for ecological (and economical) problems, based on understanding of the complex situation in nature
- Make sure these solutions are sustainable and environmentally sound

Definition *Ecology*

Ernst Haeckel and his helper
Nikolai Miklucho-Maklai (seated)



“Lehre von den Interaktionen der Organismen untereinander und mit ihrer Umwelt”

**“Lehre vom Haushalt der Natur”
Ernst Haeckel (1866)**

„Generelle Morphologie der Organismen“.
Berlin, 1866. Band 2, Kap. 19

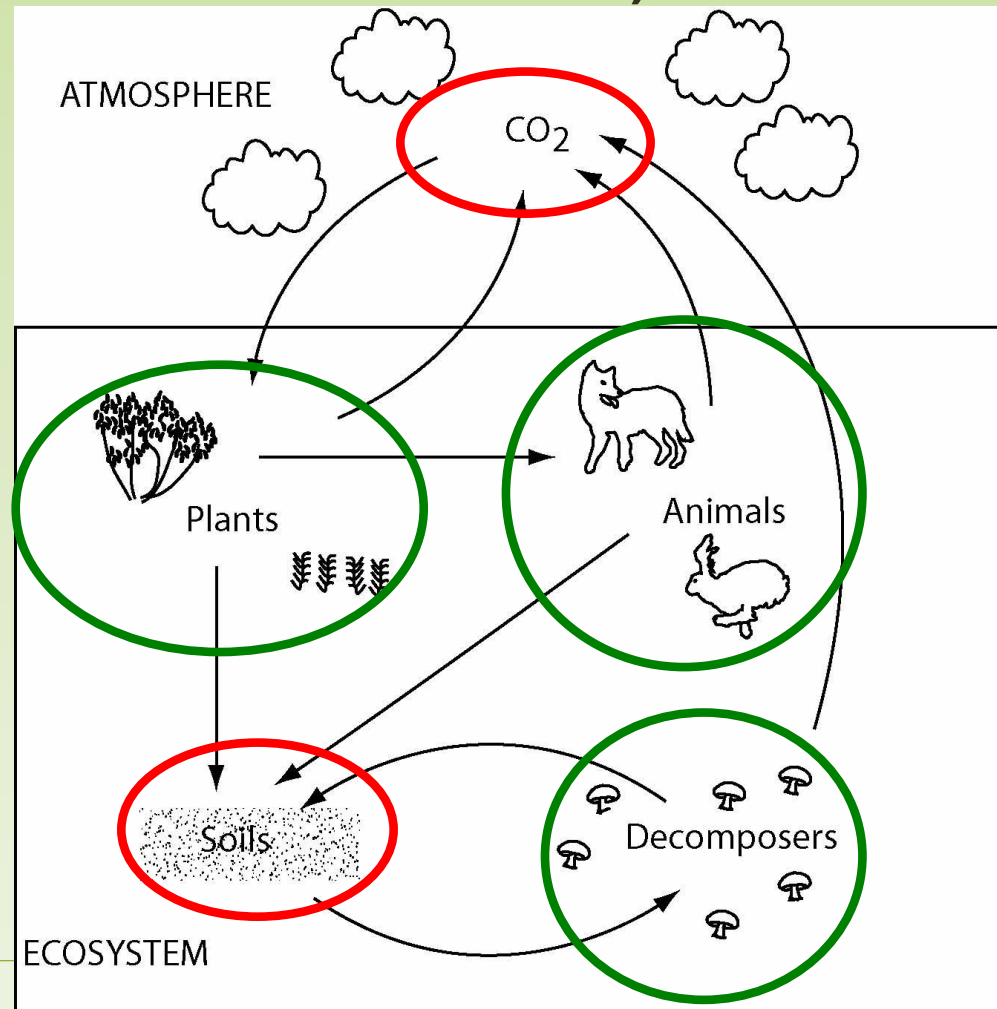
„Unter Oecologie verstehen wir die gesamte Wissenschaft von den Beziehungen des Organismus zur umgebenden Außenwelt, wohin wir im weiteren Sinne alle „Existenz-Bedingungen“ rechnen können.

Diese sind theils *organischer*, theils *anorganischer* Natur; sowohl diese als jene sind, wie wir vorher gezeigt haben, von der größten Bedeutung für die Form der Organismen, weil sie dieselbe zwingen, sich ihnen anzupassen.“

What's an "ecosystem"?

Ecosystem components:

- a) **Environment** (... "Habitat", "biotope", "anorganic factors")
- b) Organisms (communities = *biocoenosis*)



What's an “ecosystem”?

Ecosystem components:

a) **Environment** (...“Habitat”, “biotope”, “anorganic factors”)

- water
- temperature
- nutrients....

b) **Organisms** (*biotic components*):

- **Producers** (plants, algae, microbes)
- **Consumers** (various levels; animals)
- **Decomposers** (microorganisms and fungi)

→ **Ecosystems are characterized by a typical community of organisms → biocoenosis**



What's an "ecosystem"?

...
Ecosystems are three-dimensional parts of the environment without a definite border (*besides aquatic systems like lakes*), and with a characteristic structure

Ecosystems are „open systems“; they exchange energy and matter (=nutrients) with the environment.

An ecosystem has a typical temporal dynamics (development).

It is a dense network of interactive relationships (*of an organism with its organic & inorganic environment*)

IN HIS book, *On The Origin of Species*, first published in 1859, Charles Darwin makes the following comment, which is worth quoting in full:

*'From experiments which I have tried, I have found that the visits of bees, if not indispensable, are at least highly beneficial to the fertilisation of our clovers; but humble-bees alone visit the common red clover (*Trifolium pratense*), as other bees cannot reach the nectar. Hence I have very little doubt, that if the whole genus of humble-bees became extinct or very rare in England, the heartsease and red clover would become very rare, or wholly disappear. The number of humble-bees in any district depends in a great degree on the number of field-mice, which destroy their combs and nests; and Mr H Newman, who has long attended to the habits of humble-bees, believes that "more than two thirds of them are thus destroyed all over England".*

Now the number of mice is largely dependent, as every one knows, on the number of cats; and Mr Newman says, "Near villages and small towns I have found the nests of humble-bees more numerous than elsewhere, which I attribute to the number of cats that destroy the mice".

Hence it is quite credible that the presence of a feline animal in large numbers in a district might determine, through the intervention first of mice and then of bees, the frequency of certain flowers in that district!

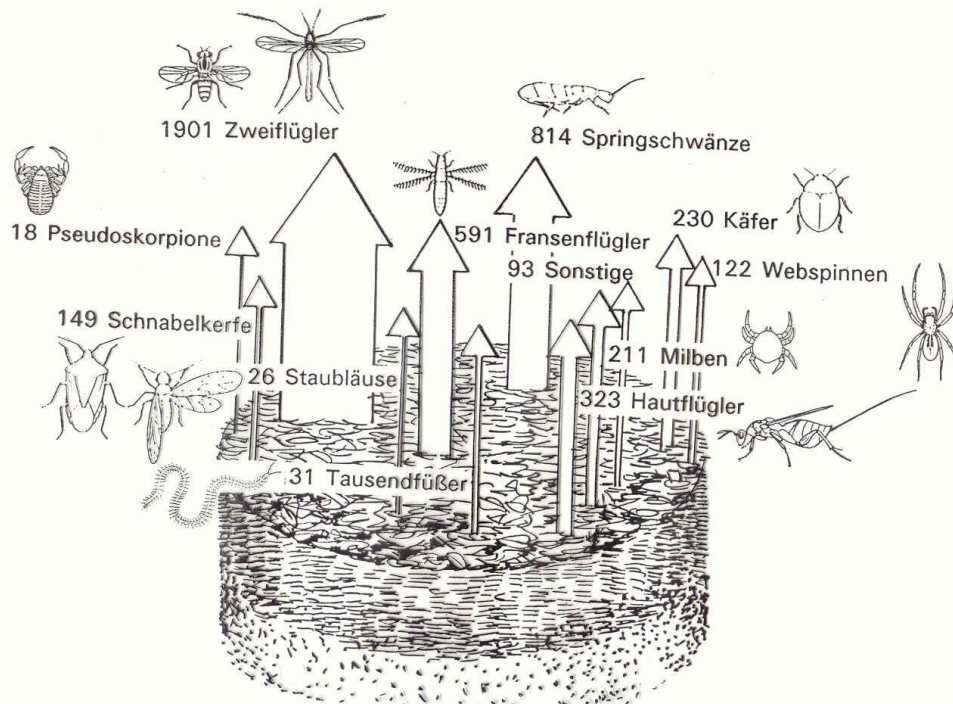
Charles Darwin
understood the
interaction of cats,
mice, humble-bees,
and clover

What will we talk about in „*Ecology*“?

Is „*ecology*“ all about *biodiversity*?

Durchschnittliche Anzahl aus dem Waldboden schlüpfender Gliedertiere

n = 24 Bodenphotoelektoren;
Σ der Meso und Makrofauna (0,2 - 20 mm) = 4501 Individuen pro qm und Jahr
(aus: Schulz,1995)



Biodiversity is more than
„species numbers“
→ „*more*“ *species*
is not always „better“

Biodiversity is more than „species numbers“

→ „more“ species is not always „better“

Example: native lady beetle *Coccinella* sp. ↔ *Harmonia axyridis*

...is it an *addition to our biodiversity* – or an *ecological disaster*?



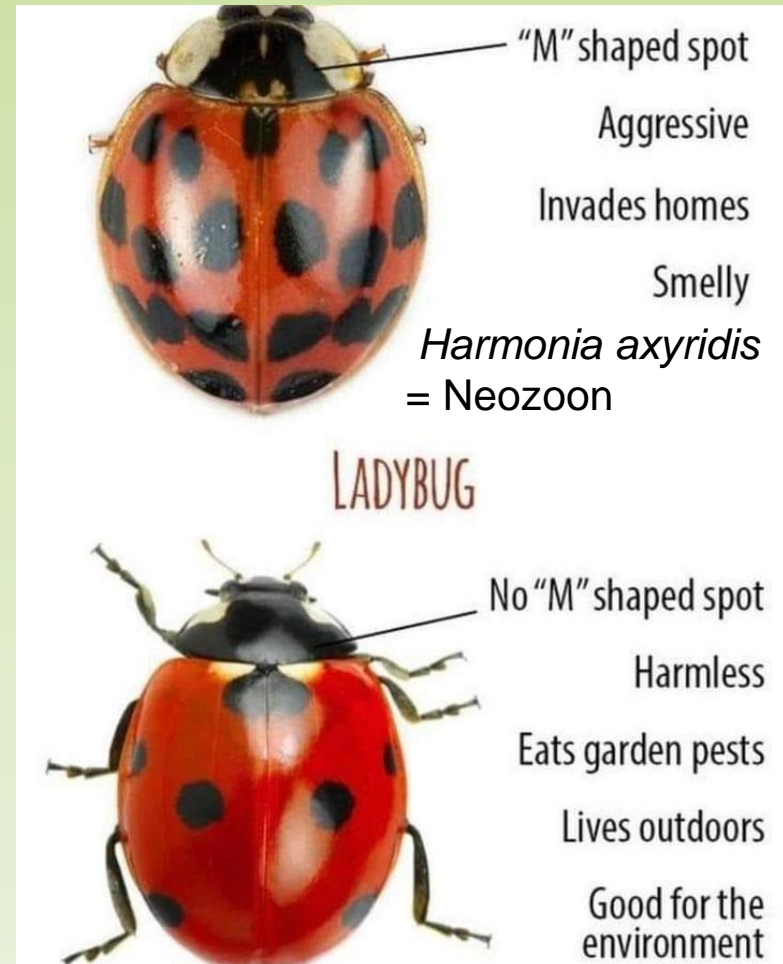
© Jiří Bohdal
www.naturfoto.cz

Invasive species: Asian ladybeetle (*Harmonia axyridis*)

Potential threat: Endanger / extinguish native species and economic damage..

Introduced for biological control of aphids in greenhouses..

But escaped into the wild! → **invasive**



Siebenpunkt (*Coccinella septempunctata*) = native



Red (European) squirrel *Sciurus vulgaris*

↔ Grey (Northamerican) squirrel
Sciurus carolinensis
(established UK, Italy)

→ in UK (2018): 2,5 Mio. *Sciurus carolinensis*

→ *Sciurus vulgaris* : From 3.5 Mio. → 140.000



Example, controversy **Ecology** vs. nature conservation

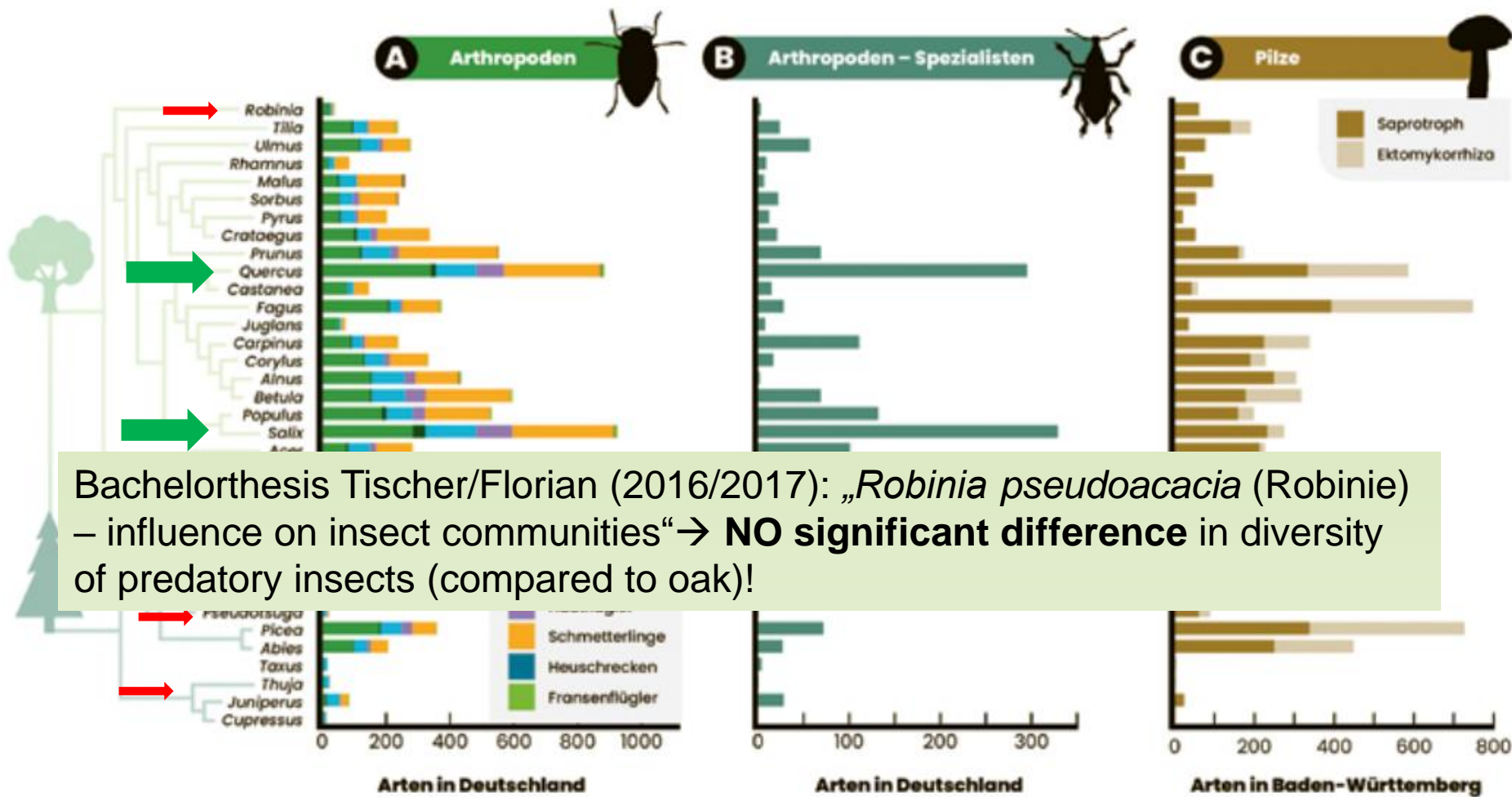
www.waldwissen.net: Für die Einen ist die Robinie (seit **1630** in Europa nachgewiesen) ein invasiver Neophyt und sollte so konsequent wie möglich bekämpft werden. Andere sehen in der Robinie eine zukunftssichere Alternative für die Baumartenwahl auf Grenzstandorten von Buchen und Eichen. Kaum eine andere Laubholzart erbringt eine derart hohe Holzproduktionsleistungen in kurzer Zeit, und das Holz wegen seiner hervorragenden technischen Eigenschaften sehr geschätzt ist. Imker: „Bienenweide“

BfN kritisiert Schlussfolgerungen zur Studie zu invasiven Baumarten: „...sind die Schlussfolgerungen des DVFFA und seine Einschätzung der Invasivität von Douglasie, Hybridpappel, **Robinie**, Roteiche und Weymouthskiefer, aus Sicht des BfN unverständlich.“



Example for research focus of *Applied Ecology*:

→ *Non-native tree species and biodiversity (insects/fungi)*



Bachelorthesis Tischer/Florian (2016/2017): „*Robinia pseudoacacia* (Robinie) – influence on insect communities“ → **NO significant difference** in diversity of predatory insects (compared to oak)!

Abbildung 4.7: Verwandtschaft der Baumgattungen und ihrer Artenvielfalt bei Arthropoden (A), monophagen Arten (B) und Pilzen (C) (nach Müller & Gossner 2021).

Ökosystemleistungen des Waldes

Dargestellt sind die Leistungen, die der Wald in Deutschland auf einem Hektar erbringt. Insgesamt ist ein Drittel Deutschlands (11,4 Mio. Hektar) bewaldet.

InfoLink: helene-ber.de

Basisleistungen

- 1 Photosynthese
- 2 Sauerstoffproduktion
3t O₂/ha*a
- 3 Kohlenstoffspeicher
Biomasse
114 t C/ha
- 4 Holzvorrat
358 Vfm/ha

100 Jahre

- 5 Biodiversität
- 6 Bodenbildung
1 cm/100a
- 7 Kohlenstoffspeicher
Waldboden
117 t C/ha

Versorgungsleistungen

- 8 Holzzuwachs
10,9 Vfm/ha*a
- 9 Stoffliche Holznutzung
4,8 m³/ha*a
- 10 Energieholz
2 m³/ha*a
- 11 Pilze & Beeren
Haushaltsübliche Mengen
- 12 Wildfleisch
1 kg/ha*a
- 13 Trinkwasserschutzgebiet
1,835 m²/ha

Regulationsleistungen

- 14 Luftfilter
60 t/ha*a (Staub, Ruß)
- 15 Klimaschutz
CO₂-Senke: 5,4 t CO₂/ha*a
- 16 Wasserfilter
3 Mio. l/ha*a
- 17 Bodenschutz
verhindert Erosion/Hochwasser
- 18 Biotopfläche
518 m²/ha (gesetzlich geschützt)
- 19 Totholz
22,4 m³/ha

Kulturelle Leistungen

- 20 Arbeitsplatz
0,1 Beschäftigte/ha
- 21 Forschung & Bildung
- 22 Wirtschaft
16.000 €/ha*a
Umsatz im Cluster Forst & Holz
- 23 Tourismus
50 lfm/ha Wanderwege
- 24 Gesundheit & Erholung
- 25 Bestattung



Quellen: BMEL, Thünen-Institut

a = Jahr Vfm = Vorratsfestmeter (Holzvorrat stehender Bäume & Holz mit Holz > 7 cm Durchmesser) lfm = Laufender Meter l = Tonne (1.000 kg)
ha = Hektar (Flächenmaß 10.000 m² (100 × 100 m), ca. 1,4 Fußballfelder) m³ = Kubikmeter (Volumenmaß) 1000 m³ entspricht 1.000 Liter

Grafikserie: www.la-anrangerdrapp-fur-die-baySF

STRUCTURE

(2nd semester IFEM)

Ecology

(= part Linde of „*Ökologie und Wildtiermanagement*“)

consists of

I. lectures in SS 2025 and WS 2025/26

II. practical exercises in SS 2025 and WS 25/26

→ Lectures will be in the **first 3 weeks of the summer semester** and the last weeks of the winter semester, this way „**embracing**“ **the practical excercises** on your experimental plots in the forest!

I. LECTURES → **first three weeks** of semester (until end of April)

→ *Tuesday March 25, April 1 and 8*

→ *Lectures will be in lecture hall 11.015; pdf in moodle*

→ *usually 3 lecture hours until 11.00/11.15*

Tuesday April 15 → **Field trip to your experimental plots!**

II. PRACTICAL PART → **will begin on Tuesday, April 22 !!**
(every Tuesday, in groups, from 08.30-12.30)

→ some lectures / excercises embeded:

„**Vegetationskunde**“ (Dr. Hornschuch), „**Structural Diversity**“ (Linde)

Module examination: end of 2nd semester:

1. written exam (90 min.):

Wildtiermanagement (33 % Prof. Rieger)+*Dendrologie/Artenkenntnis* (33 % Prof. Stein)

2. Project presentation – **oral report** on your results, July 1st (33 %): exam Linde!

II. PRACTICAL PART:

Aim: Investigate / analyze a forest ecosystem and identify the **influence of different management strategies**

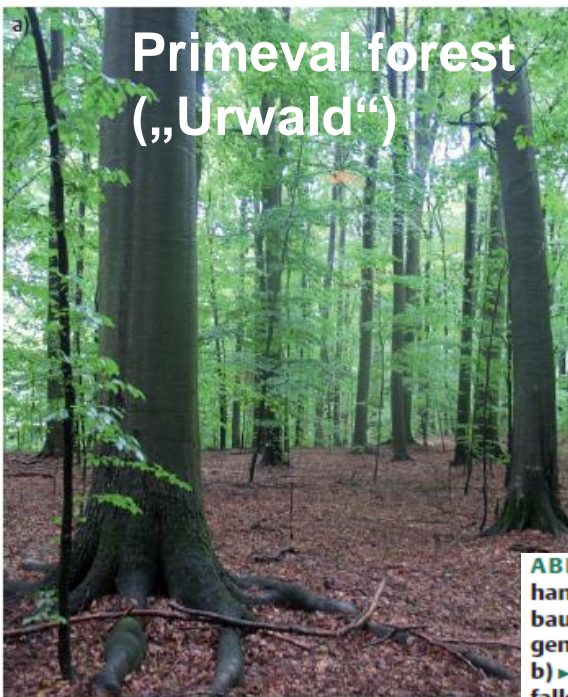
(by application of your knowledge / expertise!)

Question: What is a „close to nature“ – forest?

Wie viel Wildnis gibt es in Deutschlands Wäldern?

In Prozent





a) Primeval forest („Urwald“)



b) Uneven aged forest (Plenterwald)

ABB. 1 Anblicke von Wäldern mit unterschiedlicher Bewirtschaftung. a) Urwald-Reservat Havesova in der Slowakei. Es handelt sich um einen sehr dichten Buchenbestand mit allen Altersklassen auf relativ kleiner Fläche. Es gibt keine Mischbaumarten. Wegen des hohen Wildbestandes gibt es keine Verjüngung, das dichte Kronendach lässt auch keine krautigen Arten aufkommen.

b) ► Plenterwald Langula in Thüringen mit einer Struktur, die dem Urwaldrelikt in Havesova ähnelt. Es dominiert ebenfalls die Buche. Wegen des lichtereren Kronendaches gibt es aber Mischbaumarten, Verjüngung und eine Bodenflora.

c) ► Altersklassenwald in Geney bei Leinefelde, Thüringen. Es handelt sich um einen 120-jährigen Buchenbestand, in dem in historischer Zeit alle Mischbaumarten genutzt wurden. Das offene Kronendach lässt Verjüngung und Bodenflora aufkommen.

d) ► Niederwald Tännreisig bei Stadtilm, Thüringen. Bei intensiver Nutzung in der Vergangenheit hat dieser Waldtyp den größten Art- und Habitatreichtum mit sehr viel Totholz und Baumhöhlen.



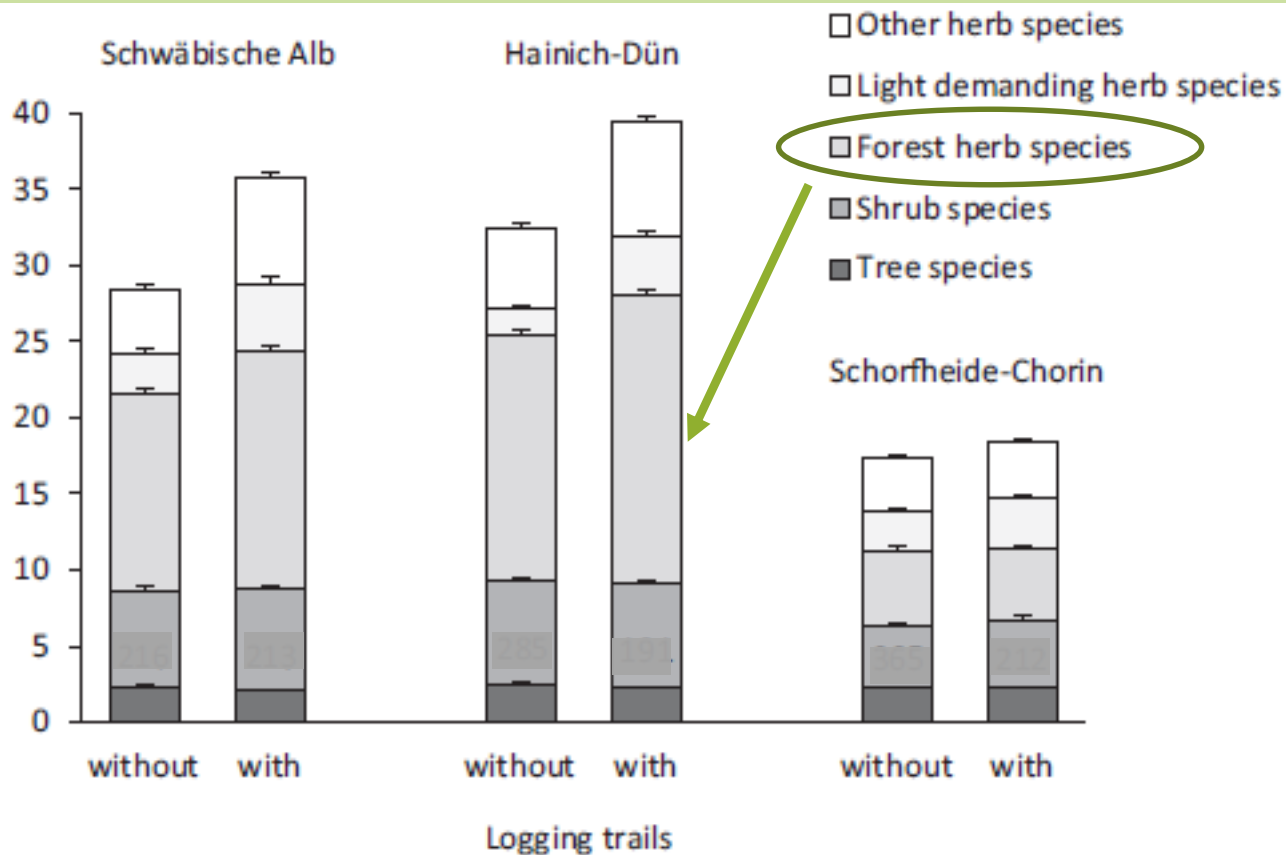
Age class forest (Altersklassenwald)



Copice forest (Niederwald)

What is „close to nature“ and where do you find higher specific species diversity?

What is „close to nature“ and where do you find higher specific species diversity?



→ **Disturbance**
(here: logging trails)
results in higher species richness

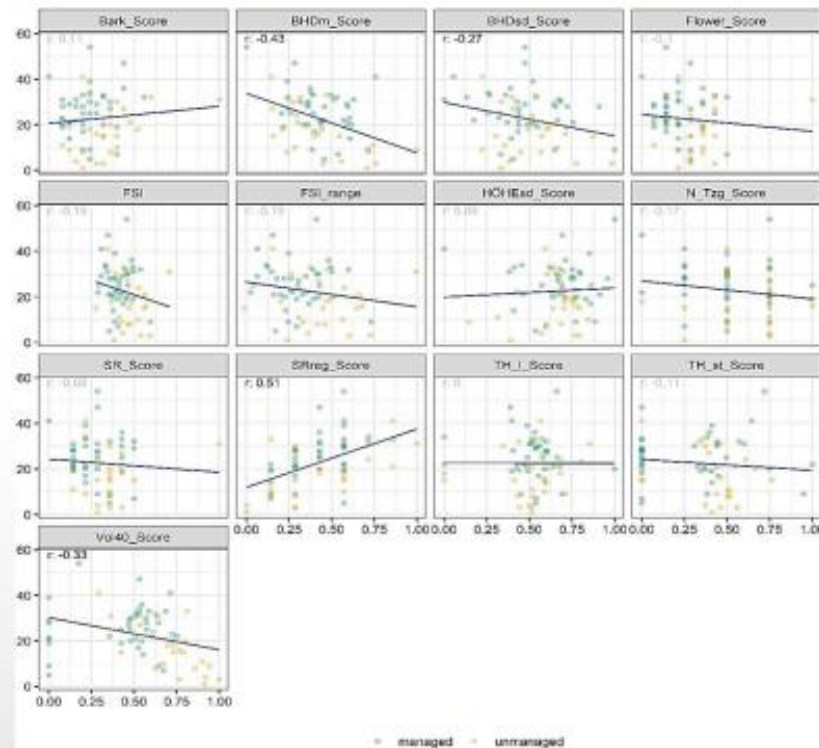
Fig. 1. Mean richness of tree, shrub, herbaceous forest, light-demanding and other herb species (+SE) in plots with and without logging trails among the three study regions. Sample size is indicated by the numbers on the columns.

Boch et al. (2013): Basic and Applied Ecology 14, 496-505

What is „close to nature“ and where do you find higher specific species diversity?

Ergebnisse Gefäßpflanzen vs. Strukturparameter Bu-Altbeständen

Beispiel für Gefäßpflanzen in Buchen-dominierten Altbeständen
(bewirtschaftet vs. unbewirtschaftet):



In bewirtschafteten Buchen-dominierten Altbeständen ist die Artenvielfalt der Gefäßpflanzen höher als in unbewirtschafteten Buchen-dominierten Altbeständen

What is „close to nature“ and where do you find higher specific species diversity?

→ Not all groups of organisms will benefit from not using forests (some groups will even suffer losses)!

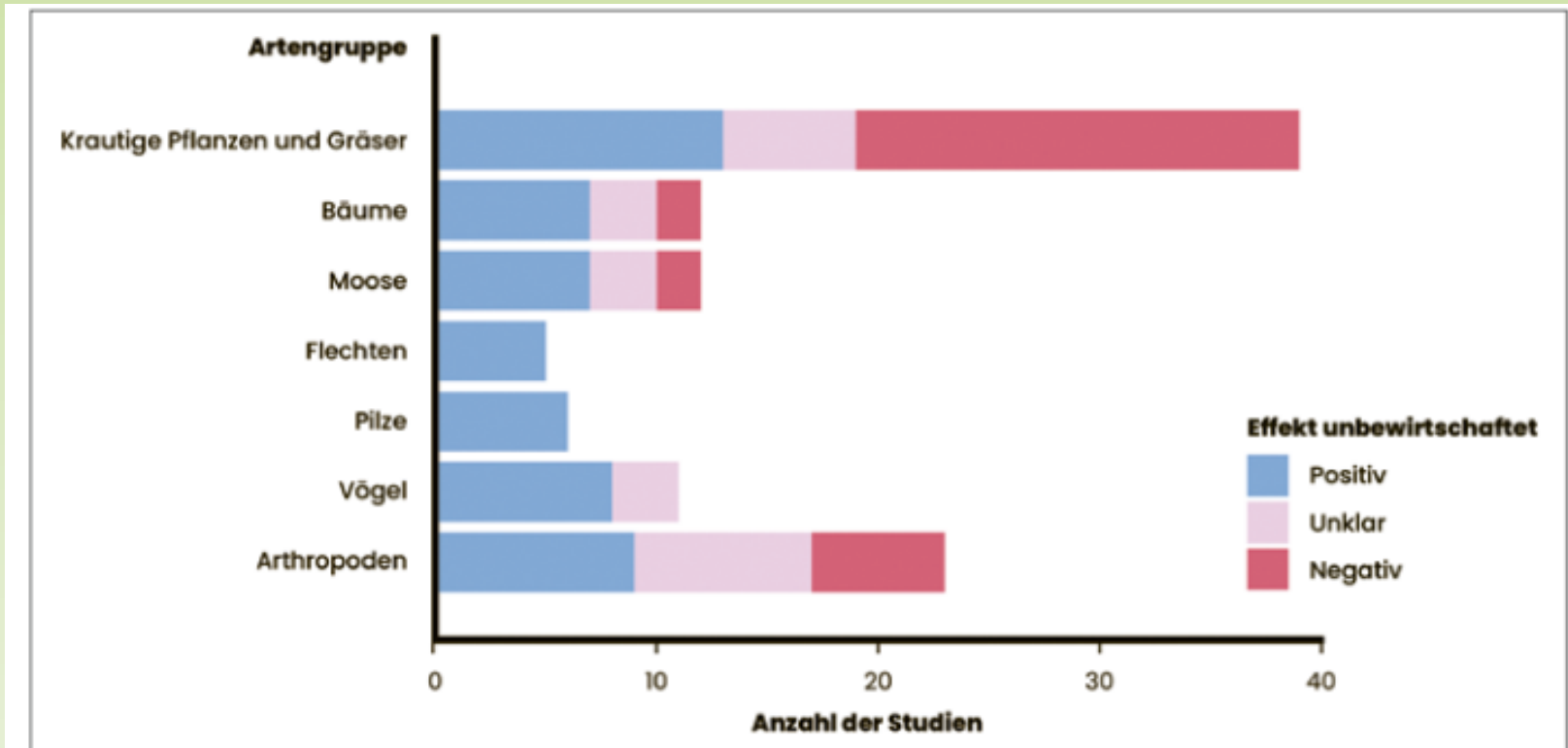


Abbildung 4.14: Ergebnisse aus Vergleichsstudien bewirtschafteter und unbewirtschafteter mitteleuropäischer Laubwälder in Hinblick auf die Artenvielfalt. Die farbliche Unterteilung der Balken zeigt die Anzahl der Ergebnisse mit positiven, negativen und unklaren Effekten der Nutzungseinstellung je Artengruppe (aus: Meyer 2023).

II. PRACTICAL PART:

Aim: Investigate / analyze a forest ecosystem and identify the influence of different management strategies
(by application of your knowledge / expertise!)

- **begin April 22**, 10 appointments:
April 29, May 6 / 13 / 27; June 3 / 10 / 17 / 24 + July 1 (exam)
- field- or laboratory work, time slots 08.30 to 12.30, six groups
- field supervisors:
Prof. Wolff / Riek / Linde / Dr. Hornschuch / D. Kramm, Th. Kolling
- teamwork, ca. 7 students in one team (*how many are you?*)
- **to be continued in fall semester 2025/26 (Sept.-Okt.)**

..you will see all plots on April 15 - decide then where you'd like to work

(I/II: Dune area)

V: Pine/beech

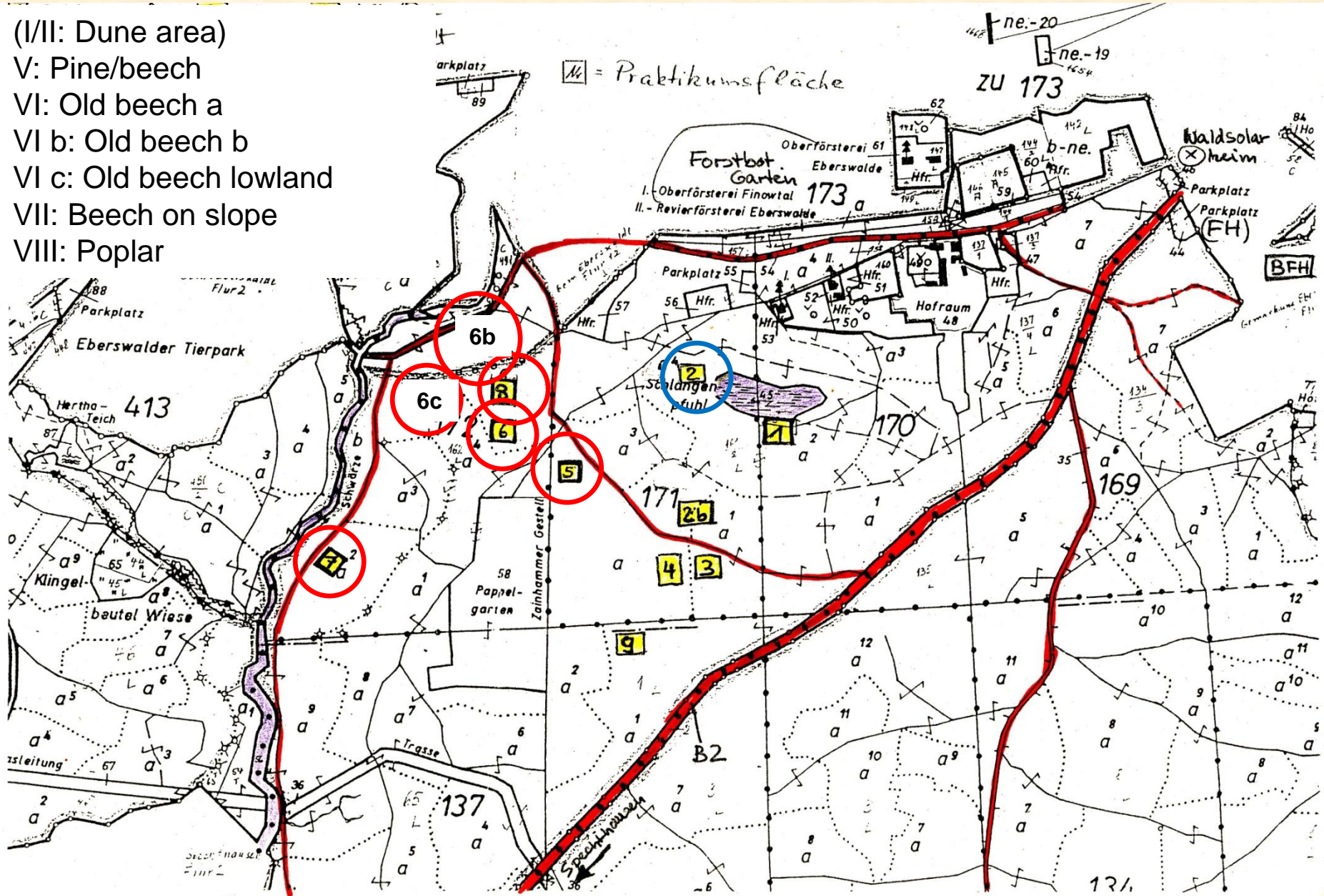
VI: Old beech a

VI b: Old beech b

VI c: Old beech lowland

VII: Beech on slope

VIII: Poplar



II. PRACTICAL PART:

Aim: **Investigate / analyze a forest ecosystem** and identify the influence of different management strategies

Ecosystem components to investigate:

- forest stand („trees“) (with Prof. Wolff / Doris Kramm)
- soil conditions („nutrients“) (with Prof. Riek)
- meteorological conditions („heat/drought“)
- vegetation („herb diversity“) (with Dr. Hornschuch)
- animals („animal diversity“)

...what happens to your results??

Tagung der *Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie* (DGaaE) in Bolzano, 20.-23.2.2023:

In Session: *Biodiversity Decline and Loss of Insects*

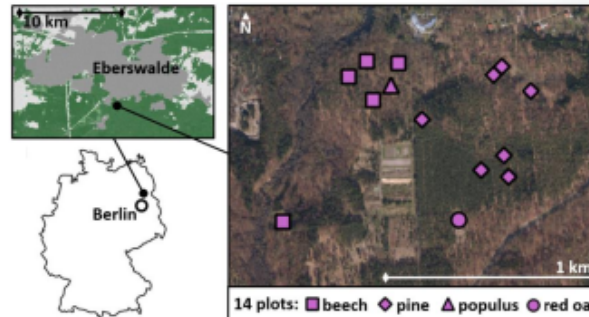
Weiß, F. und Linde, A.: „Insektensterben“

More evidence for insect decline? First results from 23 years of ground beetle sampling in a German forest

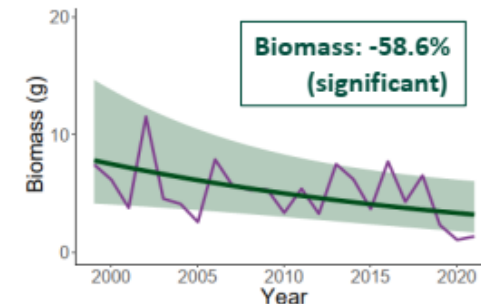
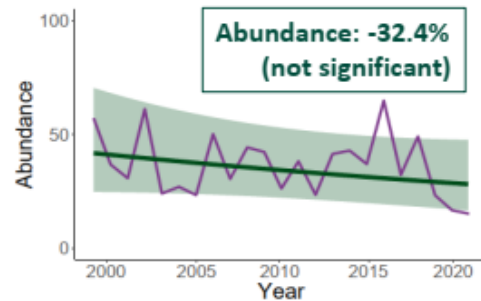
Fabio Weiss & Andreas Linde



Background: An increasing number of studies reports declines in insect populations (1, 2, 3). Negative trends seem to affect a variety of taxonomic groups in different habitats. However, the majority of studies focuses on flying insects in open habitats. We analysed a continuous long-term dataset of forest ground beetles (Coleoptera:Carabidae) investigating the question if they are also affected by declines.



Location of the study site and distribution of the studied forest plots (landuse: Corine / aerial imagery: LGB Brandenburg)



Estimated trends in abundance and biomass: Overall trends (green) and random effects for interannual fluctuations (purple)

Methods: Ground beetles were sampled at 14 plots in a mixed forest area near Eberswalde, Germany, in the course of teaching activities. They were caught with pitfall traps (4 per plot), which were set up from May to August each year from 1999 to 2021 (23 years). We analysed trends in abundance (activity density) and total biomass using mixed model regression. We estimated the biomass of ground beetles with size-weight models. In order to increase robustness regarding annual fluctuations we included a random effect for year in both models (4).

Results: Between 1999 and 2021, we caught 23,050 ground beetles belonging to 87 different species. Regression analysis revealed negative trends in both abundance (-32.4%) and biomass (-58.6%). This trend was significant for biomass ($p=0.021$), but not for abundance. However, these estimated overall changes were relatively small compared to differences between plots and interannual fluctuations, which accounted for most of the variance in the data.



...practical part to be **continued in 3rd semester** as part of module:

Waldökologie und Waldmesslehre; module component:
“*Applied Ecology*”

- continuation of the ***practical part*** (**block week** September 22-26th)
followed by lectures (Oct. – Jan.)
- writing of group report (deadline Jan. 31st 2026)

Module examination: end of 3rd semester

1. written exam (90 min.) *Waldbaugrundlagen* (Prof. Schröder) (33 %)
2. Projektpräsentation *Waldmesslehre* (Prof. Wolff) (33 %)
3. Projekt report on results of practical part of *Applied Ecology* (33 %)

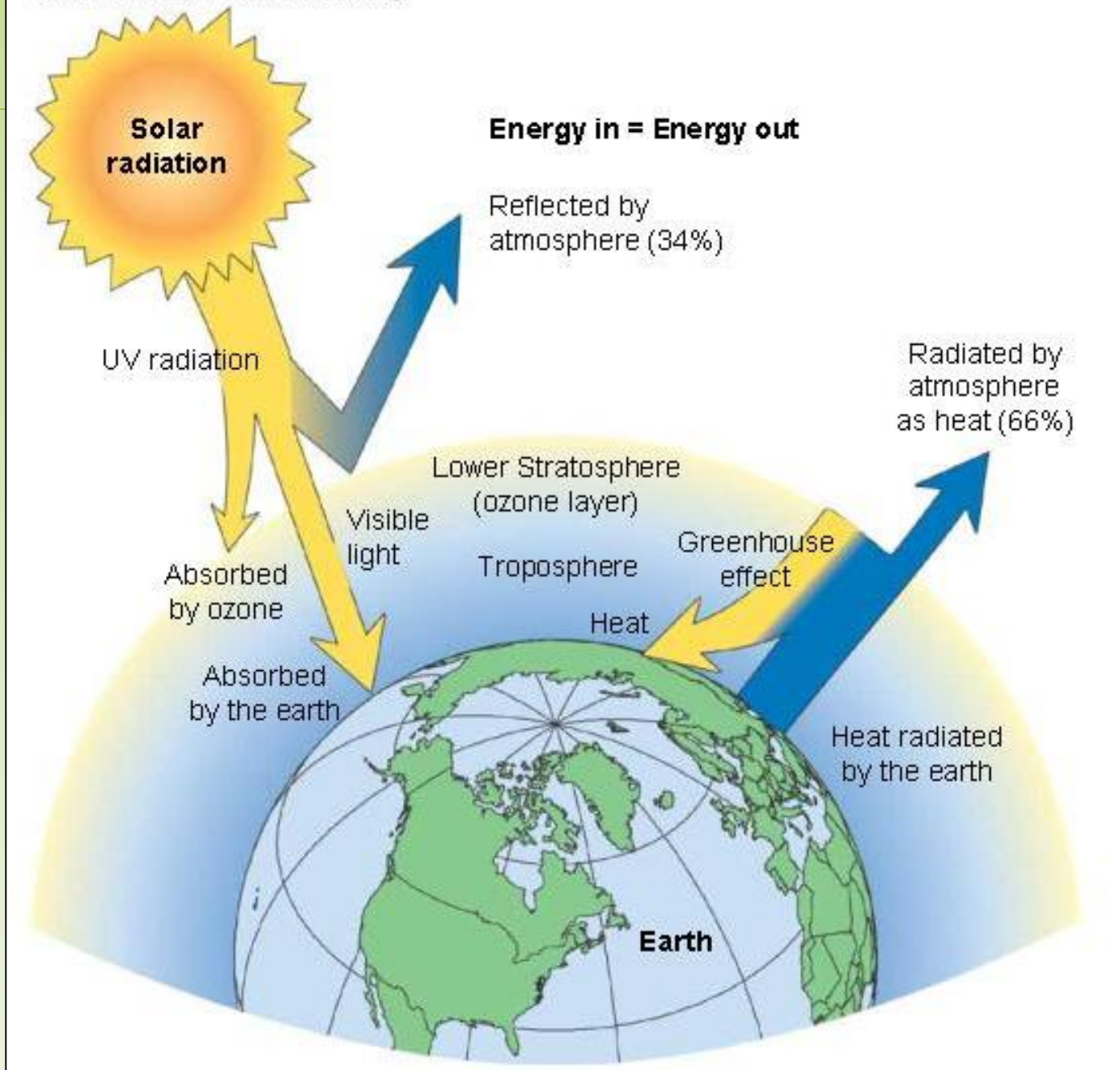
What will we talk about in „*Ecology*“?

I. LECTURES

Principles of *General Ecology*

- Definitions / components of ecosystems
- **energy flow** / nutrient cycles
- adaptation of organisms to abiotic conditions
- relevance of ecosystem components
- development of ecosystems

Where does the energy that you consume come from?



Energy flow in ecosystems:

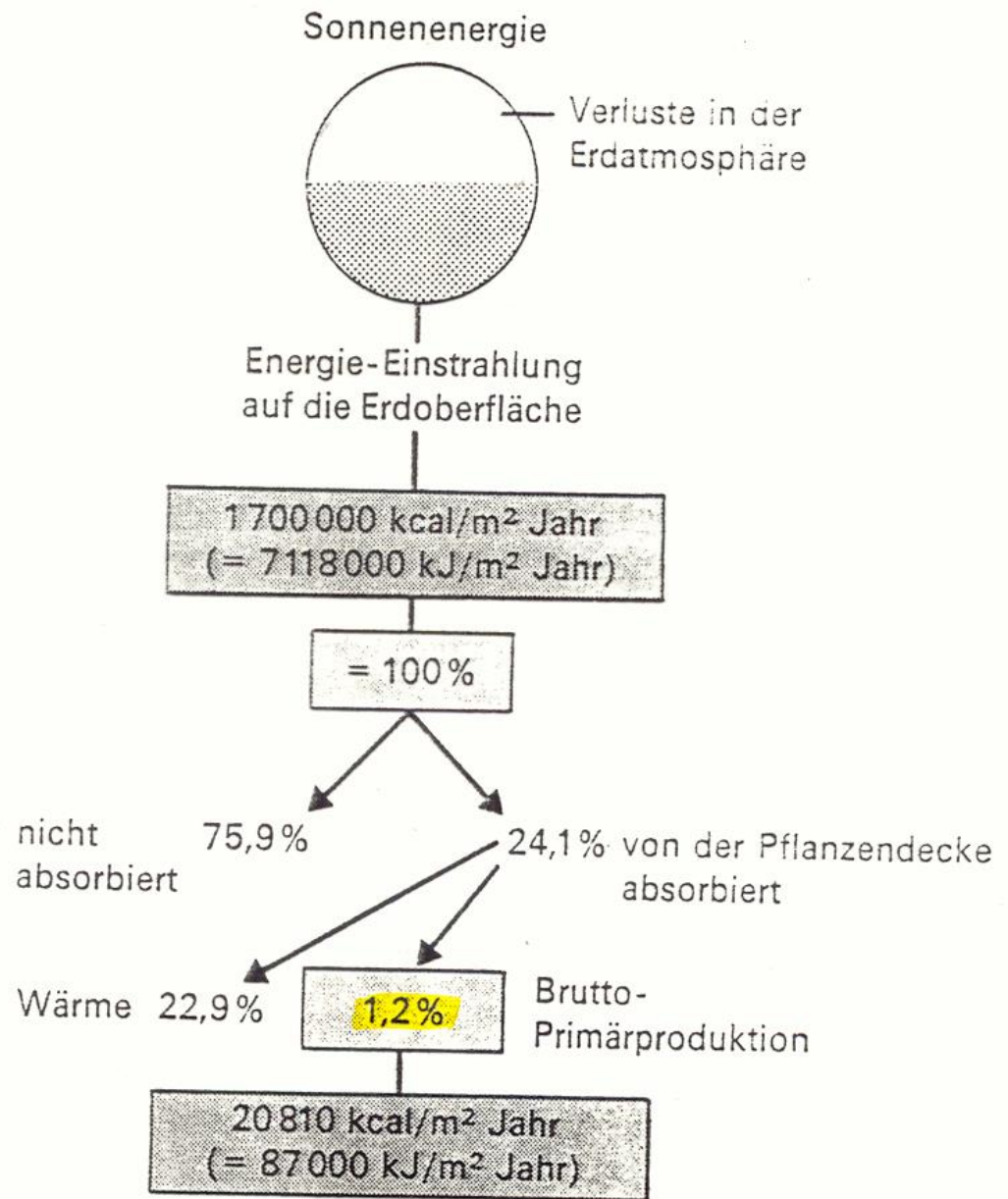


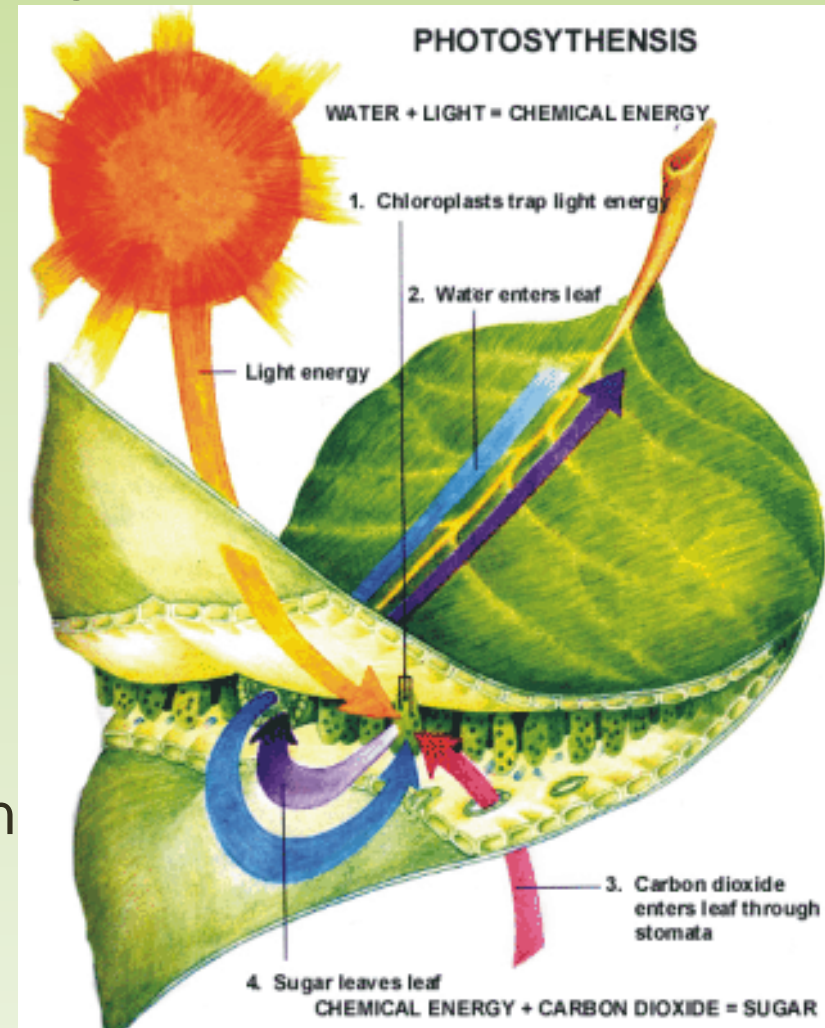
Abb. 3.27 A. Energieeinstrahlung in ein Ökosystem (Daten nach Odum 1957)

The energy provided by the sun is used in **Primary** Production:

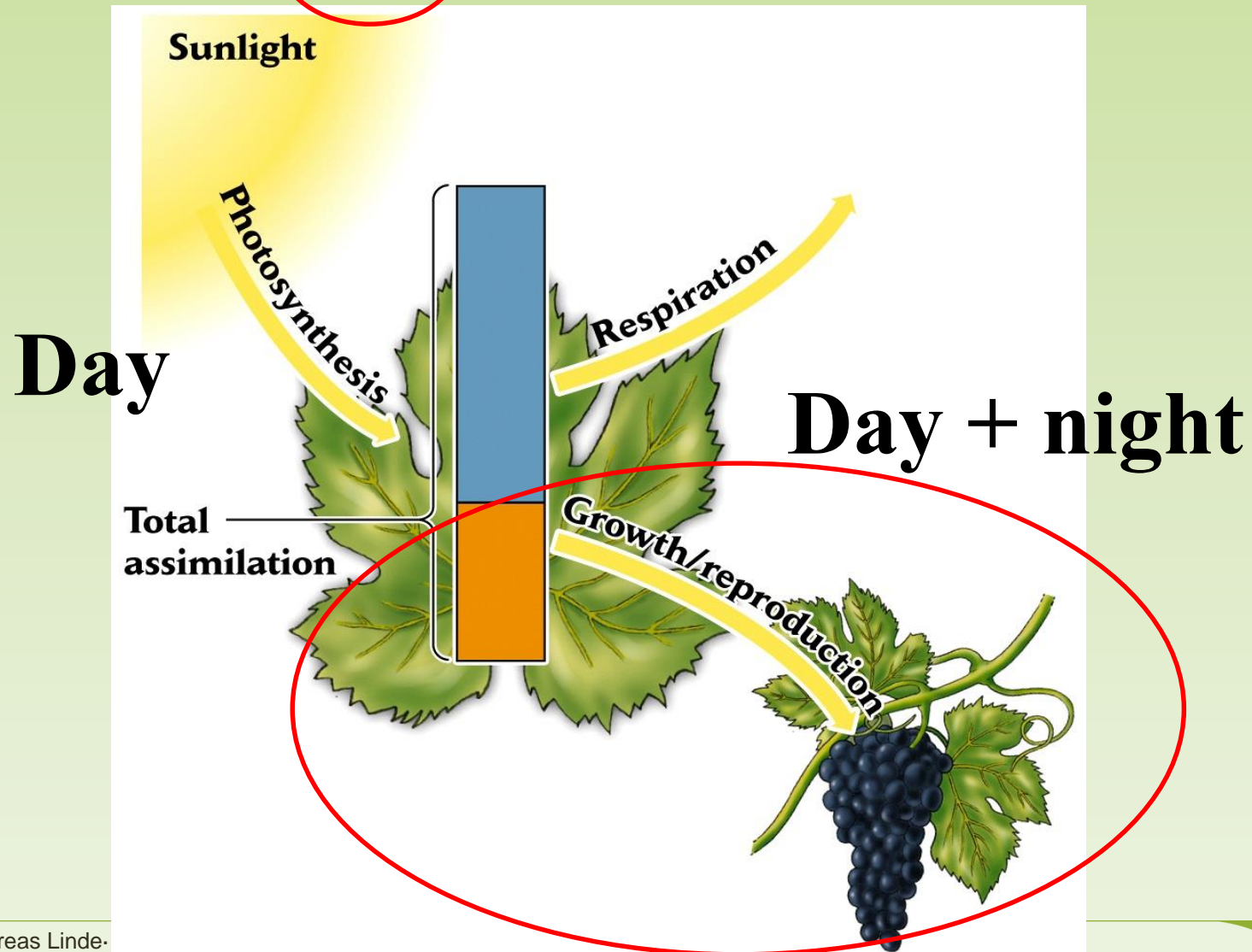
- by (green) plants (land/water)
- process of converting *light energy* to *chemical bond energy* in form of carbohydrates (sugar etc.)
- Water and $\text{CO}_2 \rightarrow \text{Glucose}$
 $(6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2)$
- for each g of C assimilated, 39 KJ energy stored

→ Plant respiration **reverses** the reaction
(same when plants “die”/decompose, or are eaten and digested by animals)

→ CO_2 is **released!**



$$\text{GrossPP} = \text{NetPP} + \text{Respiration}$$



Photosynthetic efficiency

(% energy from sun converted to NPP) = 1-2%

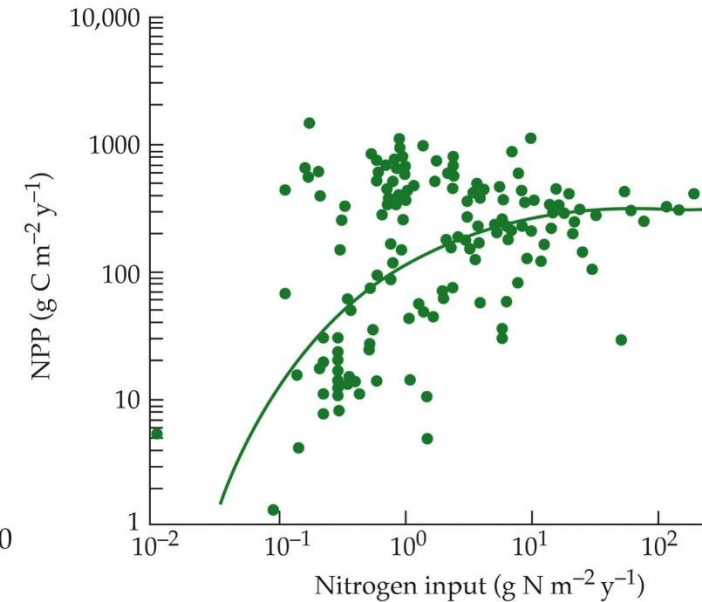
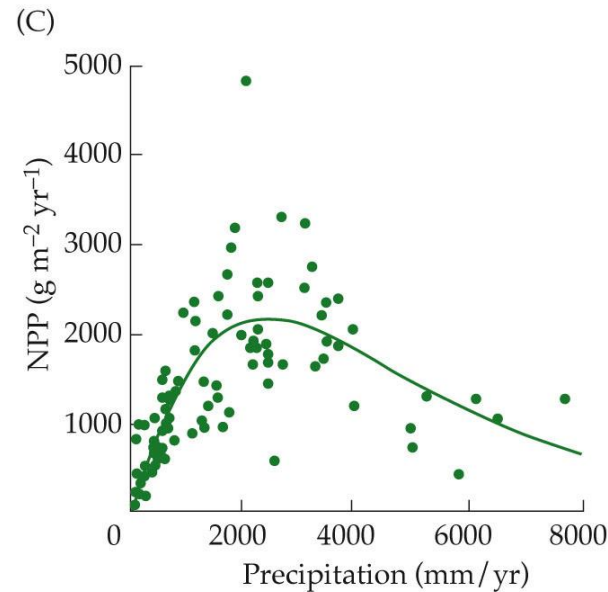
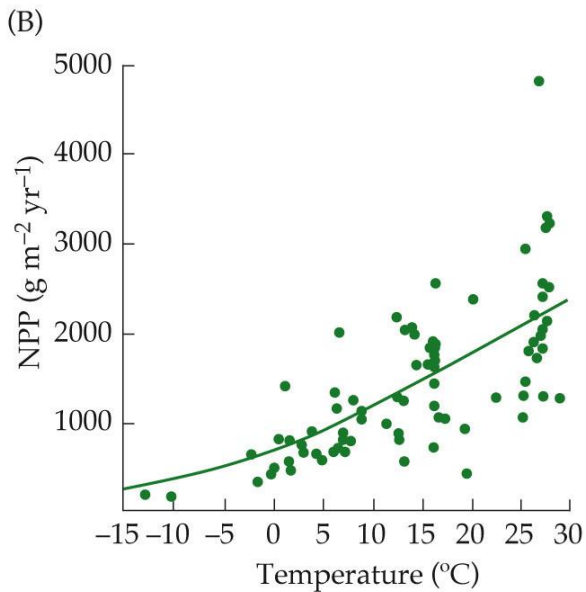
- Depends on availability of:
 - Light
 - CO₂
 - Temperature
 - Precipitation (water)
 - nutrients

NPP vs. Temperature / Precipitation / nutrients

linear relationship

bell shape

saturation curve

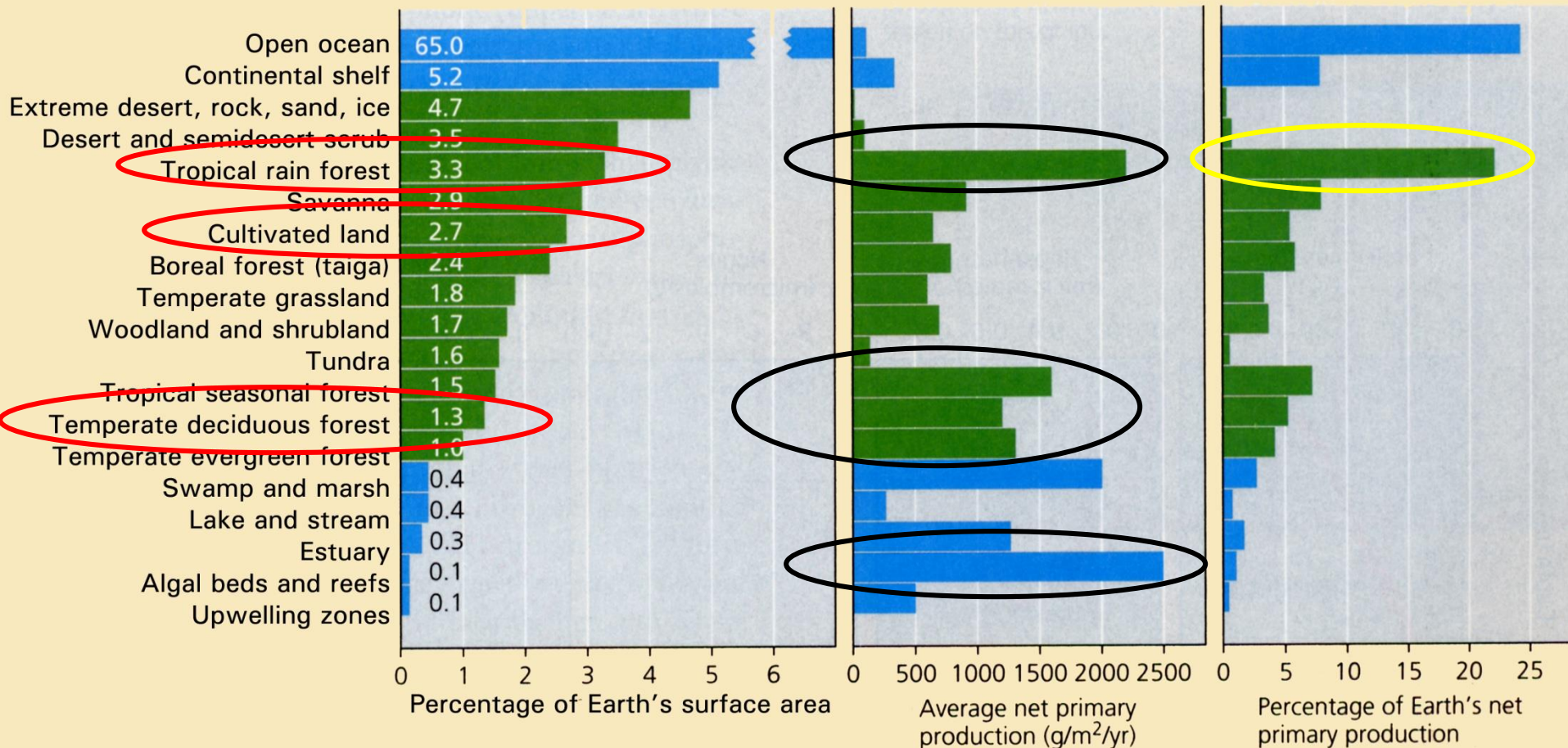


© 2002 Sinauer Associates, Inc.

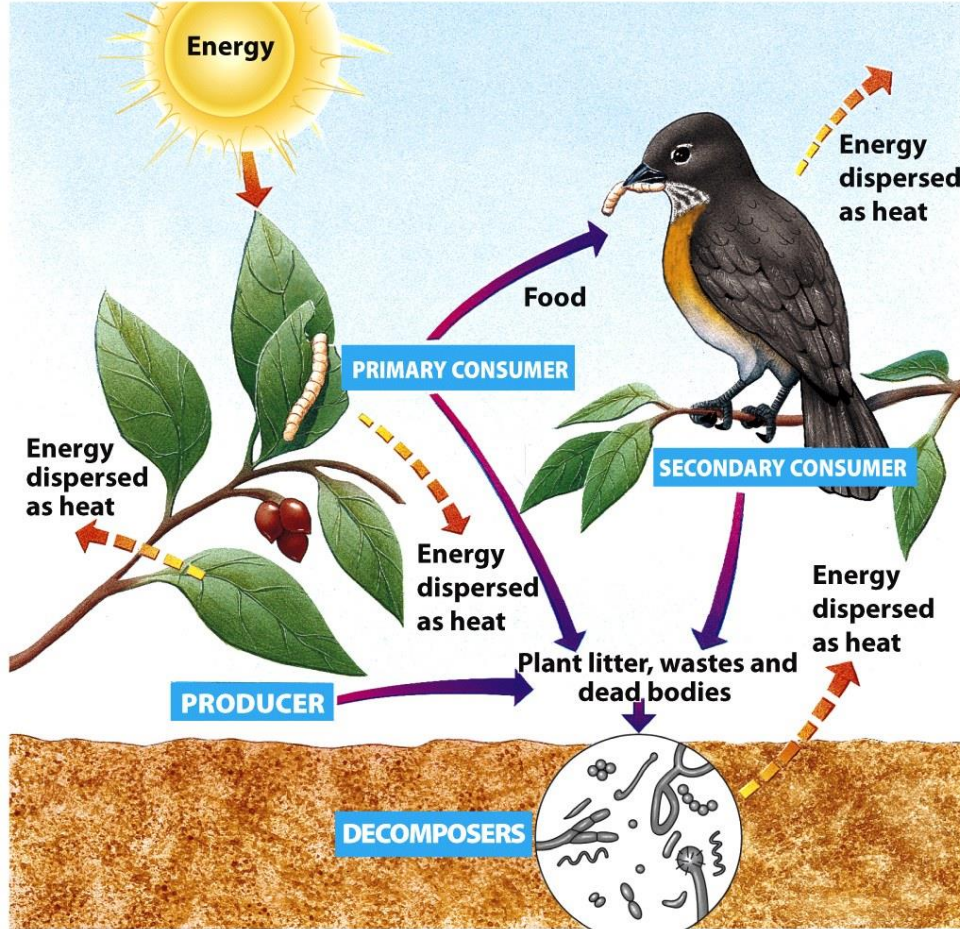
© 2002 S

NPP in different biomes:

(blue = aquatic and green = land ecosystems)



$$\% \text{ area} \times \text{NPP/area} = \% \text{ of total NPP}$$



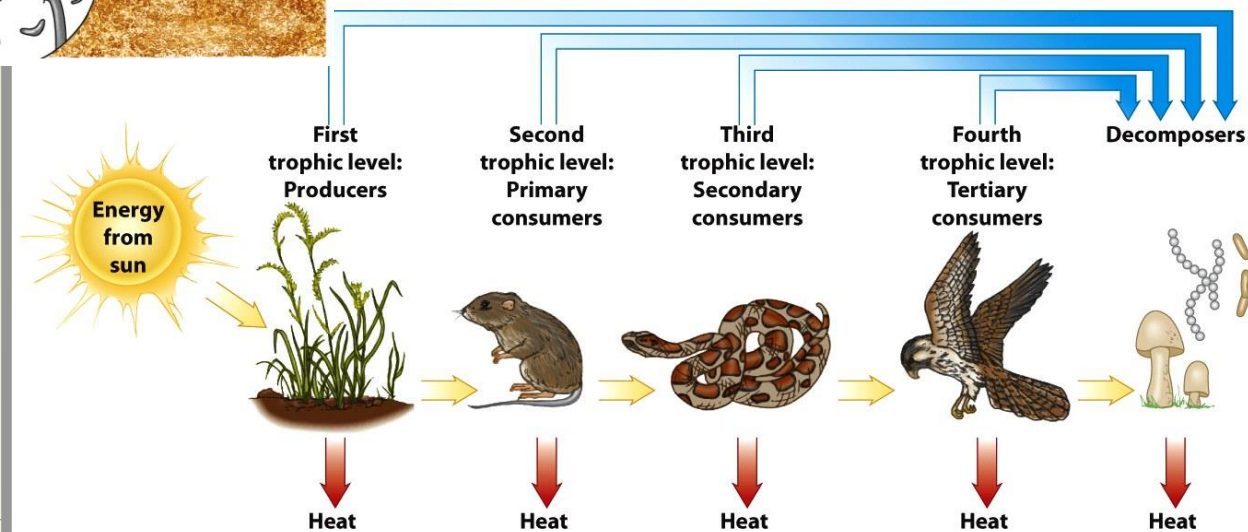
Limits of Productivity

→ rate of photosynthesis determines rate of energy supply to the rest of the ecosystem!!

→ What about „the other“ ecosystem components (aka: consumers/animals)??

In every link in the food chain...

1. organic matter and
2. Metabolic heat are produced!



Discovered in 1993 off the coast of the Japanese island Kuroshima, *Costasiella kuroshimae* have been found in the waters near Japan, the Philippines, Indonesia and range in size from 5 to 10 mm in length.

Costasiella kuroshimae are capable of a **physiological process called kleptoplasty**, in which they retain the chloroplasts from the algae they feed on. Absorbing the chloroplasts from algae which enables them to **indirectly** perform photosynthesis.

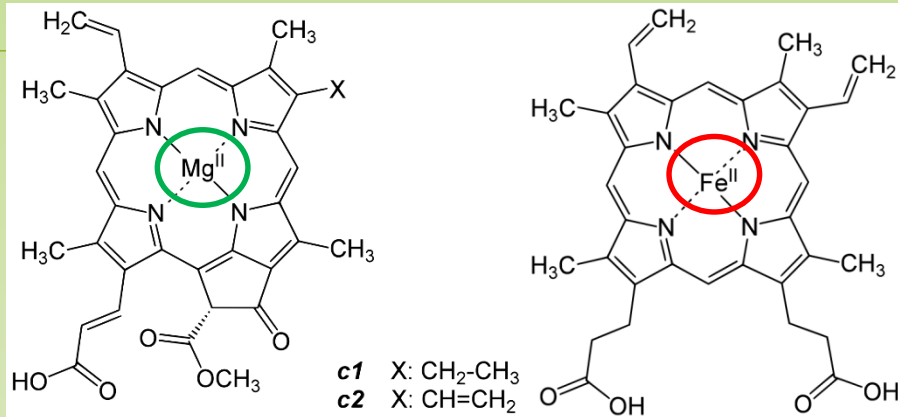
Costasiella kuroshimae is a selective feeder of algae from the genus Avrainvillea, from which it sequesters chloroplasts into its own cells, retaining them for short-term photosynthesis. Even in the absence of active photosynthesis, chloroplasts provide a nutrient storage or "larder" that facilitates the survival of the slug without food for an extended period of time.

..is this an option for other animals / humans??



Chlorophyll

Hemoglobin



Hemoglobin contains **iron** which binds to oxygen very effectively

While Chlorophyll contains **magnesium**

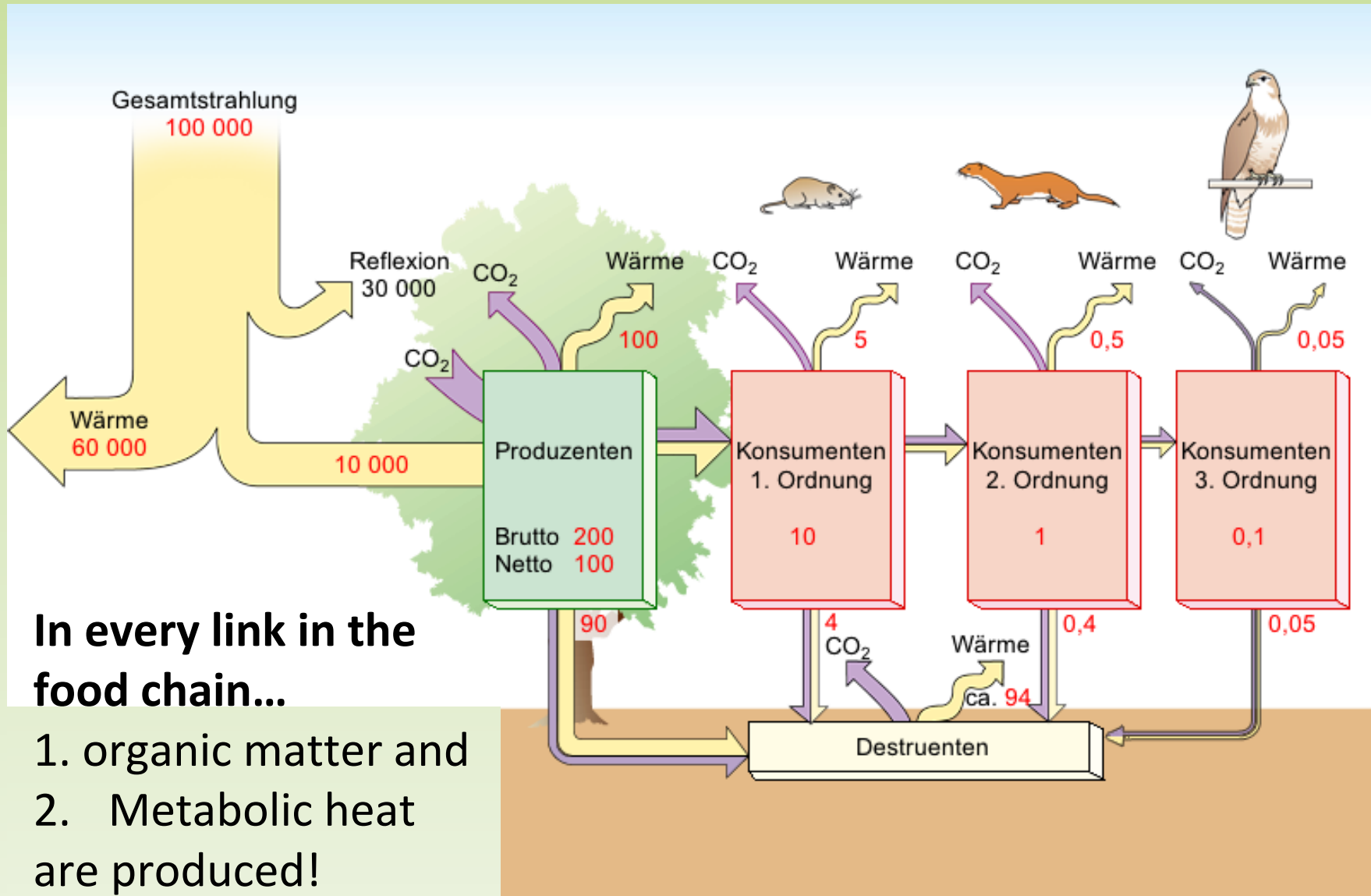
Forscher erzeugen Tierzellen mit Chloroplasten

Science-Fiction wird real: Kann man **Tieren oder Menschen die Fähigkeit zur Photosynthese** verleihen? Ein erster Schritt dazu könnte nun japanischen Forschern gelungen sein. Sie haben erstmals Chloroplasten aus einer einzelligen Alge in die Zellen eines Hamsters eingeschleust und mehrere Tage aktiv gehalten. <https://doi.org/10.2183/pjab.100.035> Aoki et al. (2024):

Chloroplasts are photosynthetic organelles that evolved through the endosymbiosis between cyanobacteria-like symbionts and hosts. Many studies have attempted to isolate intact chloroplasts to analyze their morphological characteristics and photosynthetic activity. Although several studies introduced isolated chloroplasts into the cells of different species, their photosynthetic activities have not been confirmed. In this study, we isolated photosynthetically active chloroplasts from the primitive red alga *Cyanidioschyzon merolae* and incorporated them in cultured mammalian cells via co-cultivation. The incorporated chloroplasts retained their thylakoid structure in intracellular vesicles and were maintained in the cytoplasm, surrounded by the mitochondria near the nucleus. Moreover, the incorporated chloroplasts maintained electron transport activity of photosystem II in cultured mammalian cells for at least 2 days after the incorporation. Our top-down synthetic biology-based approach may serve as a foundation for creating artificially photosynthetic animal cells

Biomass of consumer is quite low!

Reason is the *Energy Pyramid*: → 10%-law of energy transfer; limits number of levels and individuals per level

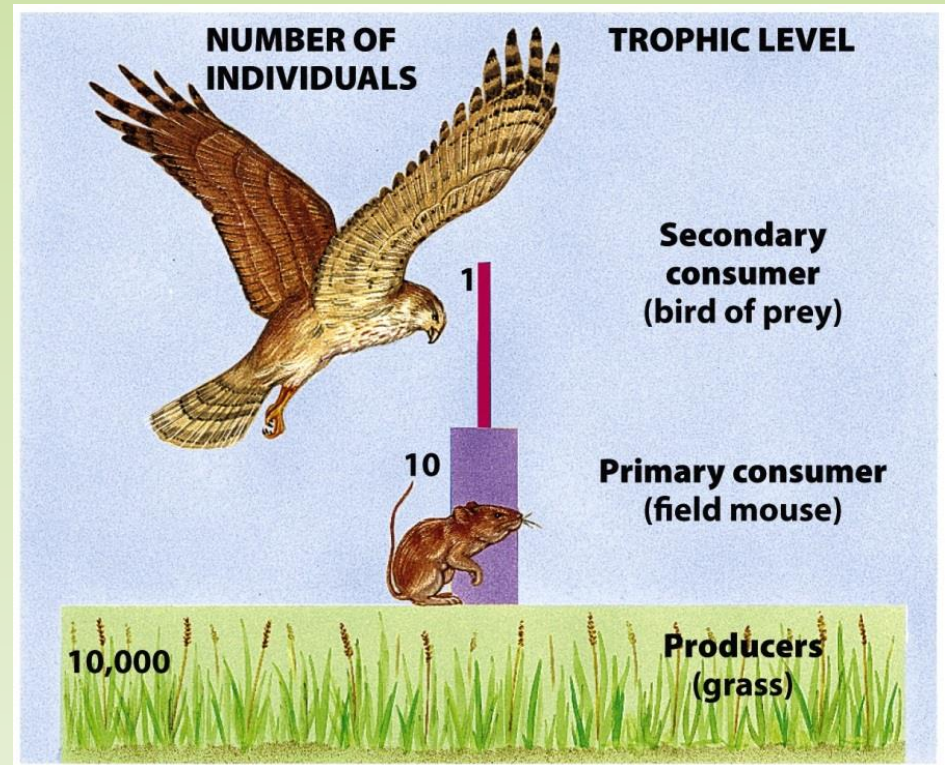
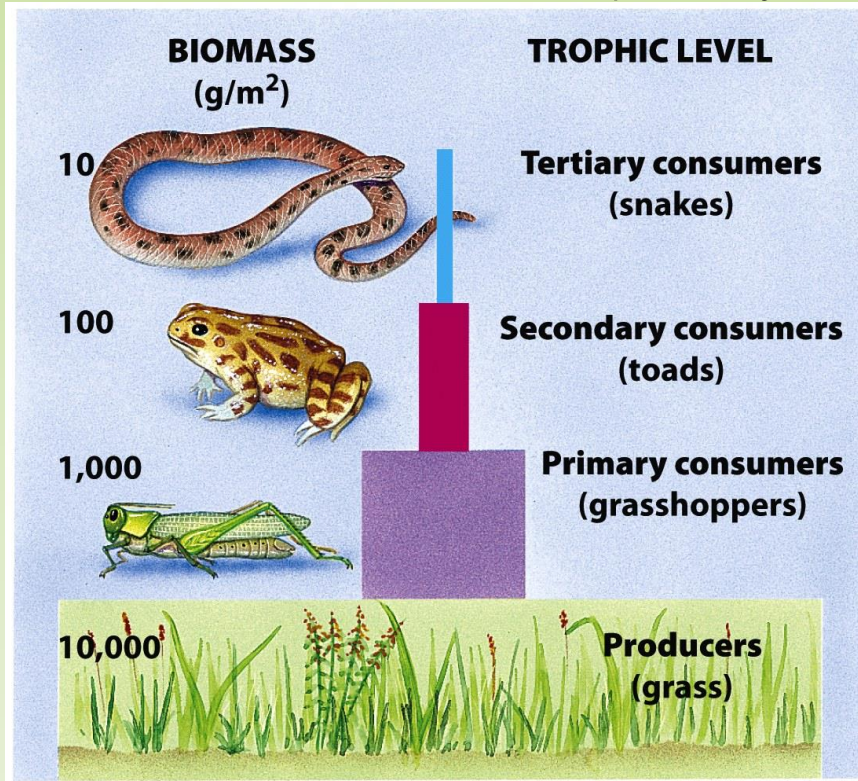


In every link in the food chain...

1. organic matter and
2. Metabolic heat are produced!

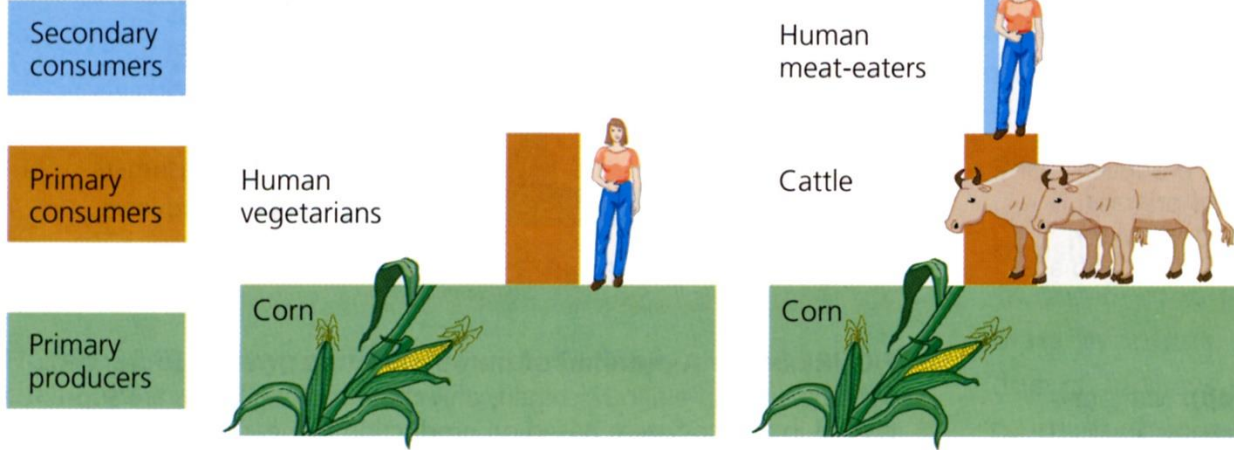
The “loss” of energy (=conversion to heat) in each trophic level is the reason why biomass of consumer is quite low and the number of individuals gets lower on each level

⇒ Food chains are limited (usually 3-5 members)



Food energy available to the human population depends on their trophic level.

Trophic level



ARTENSTERBEN

So wenige wilde Tiere gibt es noch

wilde Säugetiere

an Land
20Mt

im Meer
40Mt

domestizierte Säugetiere

630 Mt



Das heißt auch: **Pro Mensch** gibt es nur noch **3 Kilo wildlebende Säugetiere** an Land.

Quarks

Quelle: Greenspoon et al. (2023)

WDR®

Vegane Ernährung könnte 350 Millionen Menschen zusätzlich versorgen

Der Aufwand für die Herstellung von Rindfleisch ist am größten:

Auf der Fläche, die man **für vier Gramm Rindfleisch** benötigt, könnte man **100 Gramm pflanzliche Nahrung mit vergleichbarem Eiweiß- und Kaloriengehalt** erzeugen.

Die Differenz von 96 Gramm betrachten die Forscher als Verlust durch die Ernährungsweise. Bei Schweinefleisch beträgt dieser Verlust 90 Prozent, bei Milchprodukten 75 Prozent, bei Hühnerfleisch 50 Prozent und bei Eiern 40 Prozent.

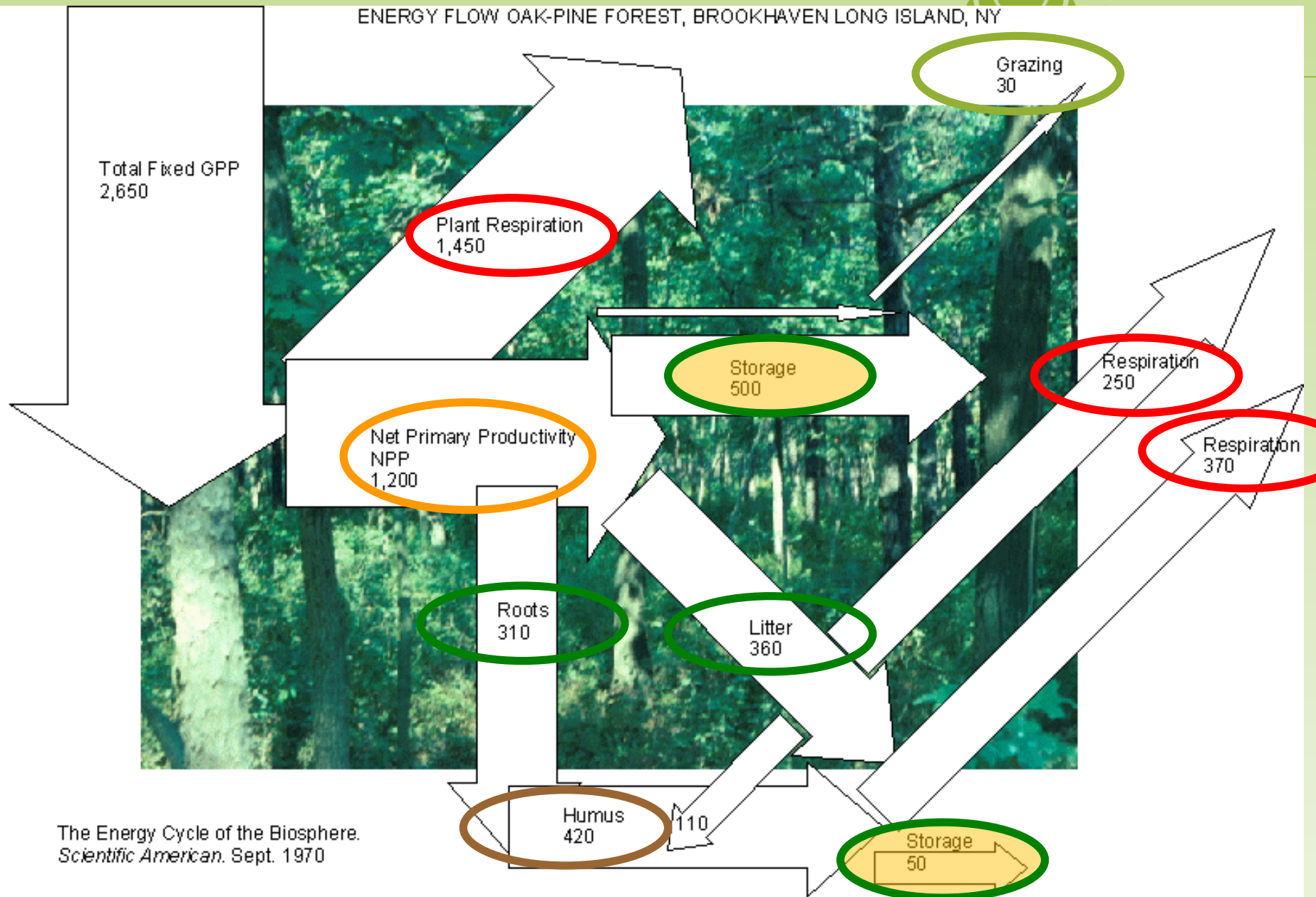
Aus den Daten kalkulieren die Forscher, dass bei der Umstellung auf eine vegane Lebensweise in den **USA 350 Millionen Menschen zusätzlich ernährt werden** könnten - bei derzeit etwa 323 Millionen Einwohnern.

Quelle: "The opportunity cost of animal based diets exceeds all food losses"

Alon Shepon, Gidon Eshel, Elad Noor and Ron Milo PNAS March 26, 2018.

<https://doi.org/10.1073/pnas.1713820115>

What about the “energy flow” in a forest ecosystem?



TAKE – HOME MESSAGE:

- Energy for ecosystems is provided by the sun
 - Energy is converted into biomass (= stored energy) by producers
 - All organisms using stored energy (biomass) convert energy into heat
- We cannot stop this **flow of energy** (*and energy loss in ecosystems*)
- ...but we can slow down the flow of energy (→ long-term storage of organic matter, e.g. in (wooden) buildings, fossil fuels etc.

I. LECTURES

- Principles of *General Ecology*
- components of ecosystems
- energy flow / **nutrient cycles**
- adaptation of organisms to abiotic conditions
- relevance of ecosystem components
- development of ecosystems

Pathways of Elements in the Ecosystem: (Nutrient) Cycles

Objectives:

- **Elements and their uses**
- **C, N, P cycles**
- **Sources, sinks, pools**
- **Chemical changes**
- **Importance of microbes**
- **Human influences**



I. Global carbon cycle

Carbon dioxide (CO₂):

0.038 % of atmospheric gases

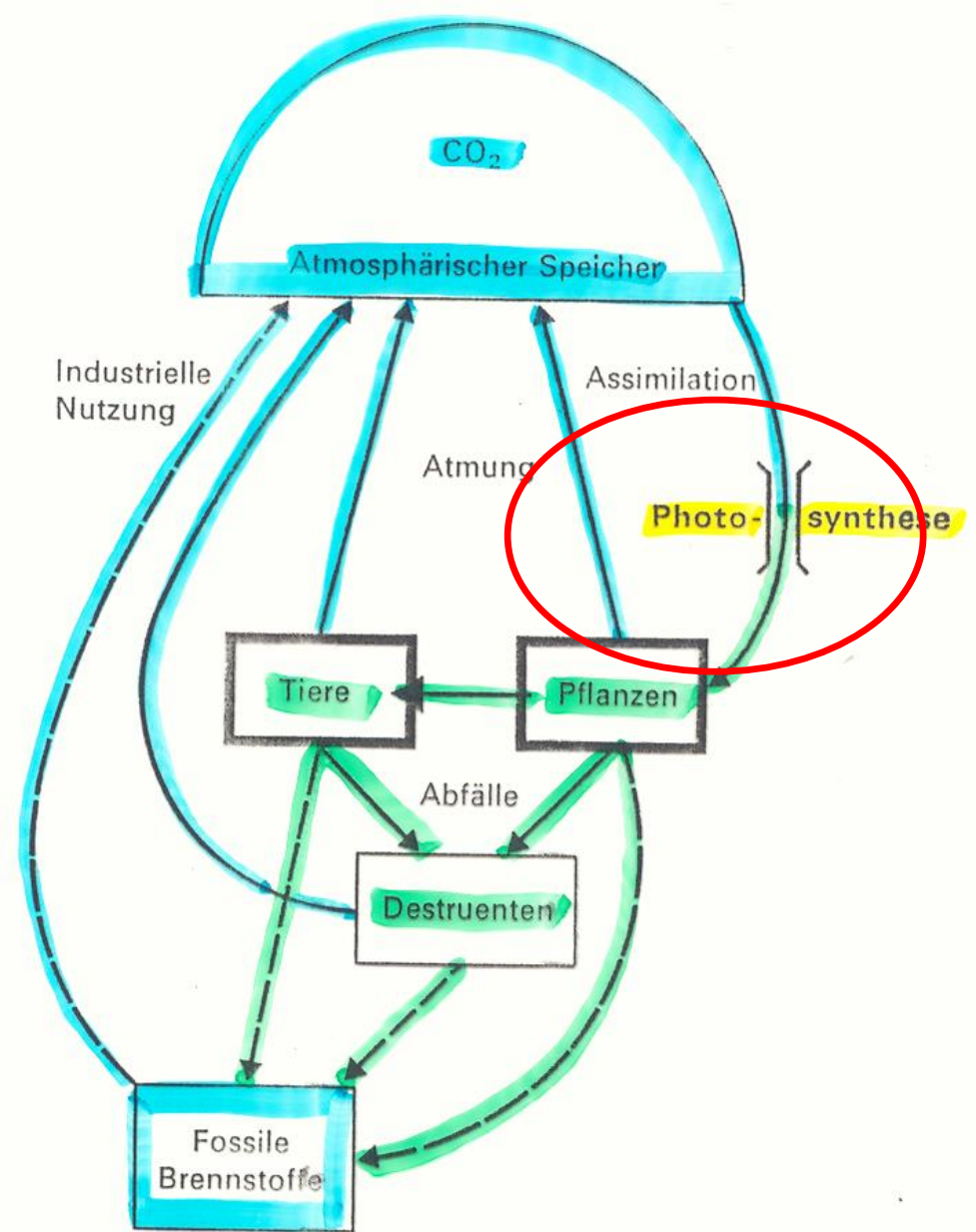
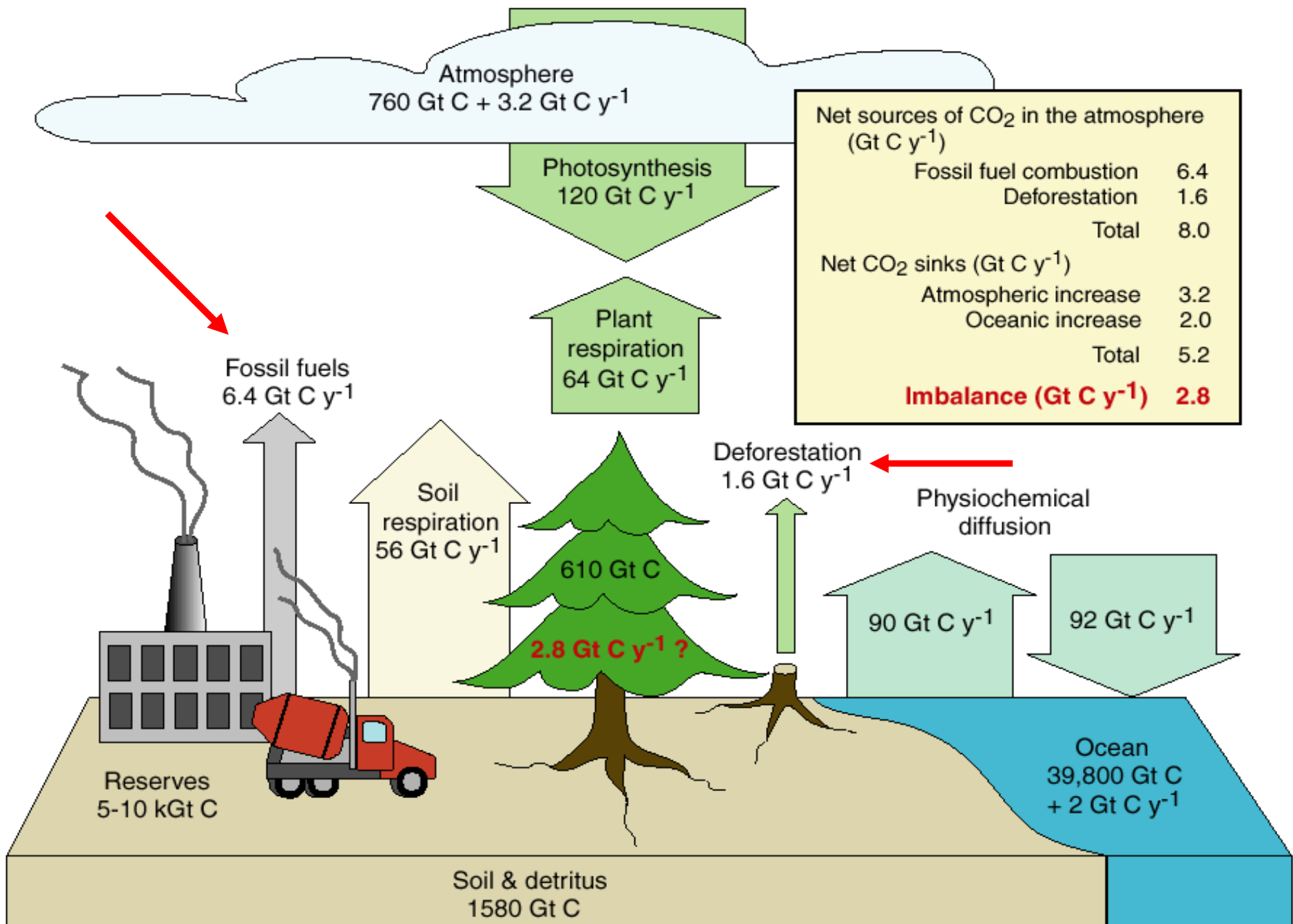


Abb. 3.24 A. Biogeochemische Zyklen: Kohlenstoff-Kreislauf



Mitigation?

Die **Ozeane** können große Mengen Kohlendioxid (CO₂) aus der Atmosphäre aufnehmen und speichern. Diese Rolle als Kohlenstoffsенке dürfte laut einer neuen Studie sogar noch erheblich größer sein als bisher bekannt. **Um rund 20 Prozent werde die Kapazität unterschätzt**, heißt es in dem Papier, das in der Zeitschrift »Nature« erschienen ist.

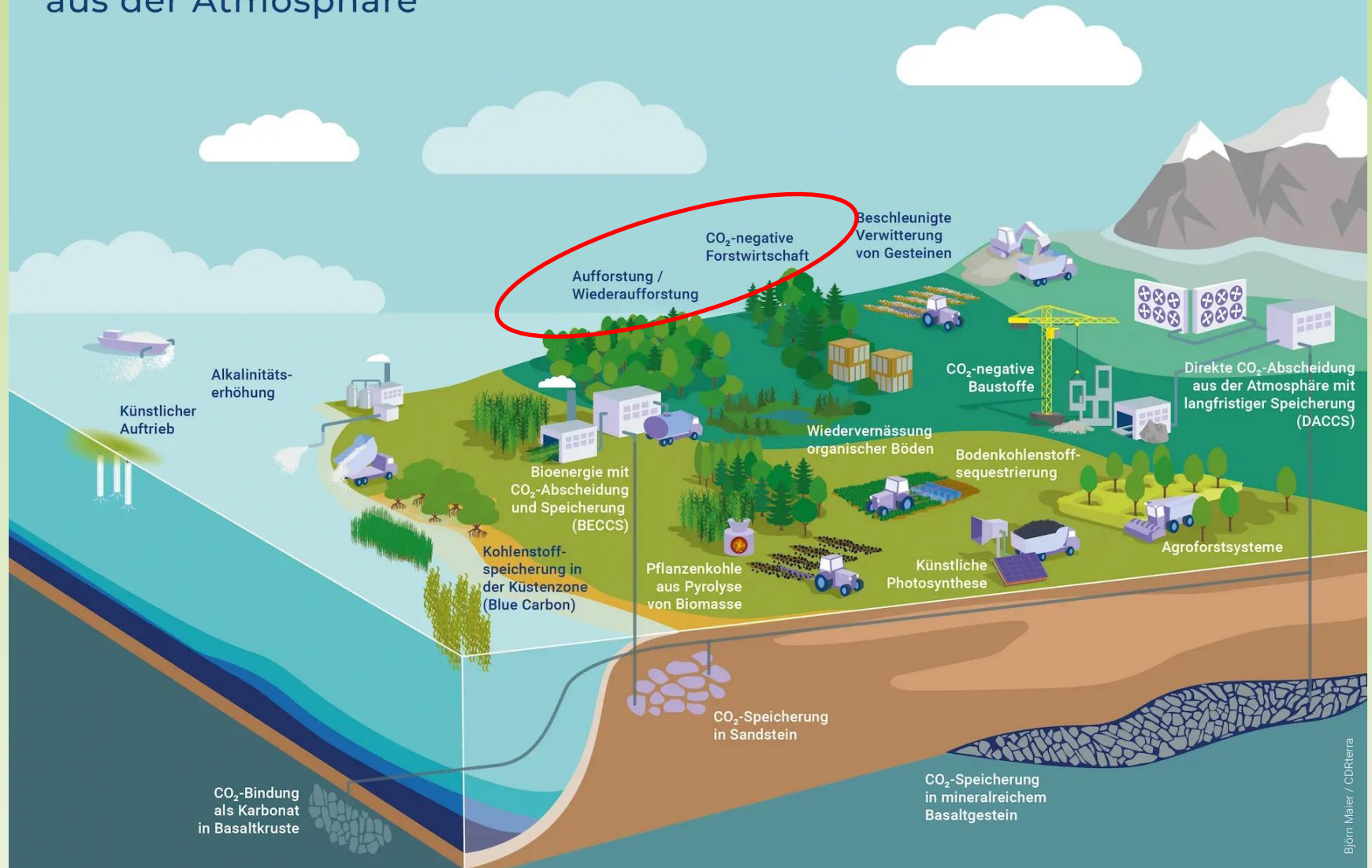
Das internationale Team aus Meeresforschenden untersuchte vor allem die Rolle von Plankton: winzige Organismen, die Kohlendioxid an der Meeresoberfläche aufnehmen und bei ihrem Wachstum durch Fotosynthese in organisches Material umwandeln. Wenn sie sterben, werden Teile davon in kleine Partikel zersetzt, die auch als »mariner Schnee« bekannt sind. Dieses Material ist dichter als Salzwasser und sinkt daher auf den Meeresboden, wo der Kohlenstoff gespeichert wird oder als Nährstoff für eine Reihe von Lebewesen der Tiefsee dient.

Anhand einer Datenbank mit Messungen von Forschungsschiffen seit den Siebzigerjahren erstellte das siebenköpfige Forschungsteam eine digitale Karte der Ströme dieses »marinen Schnees« in den Weltmeeren. Auf dieser Basis schätzte es die Speicherkapazität der Ozeane auf 15 Gigatonnen Kohlendioxid pro Jahr. Nach dem bisherigen Forschungsstand geht etwa der Weltklimabericht des IPCC von 2021 noch von nur elf Gigatonnen aus.

Eine gute Nachricht also – aber eher für das Verständnis von der Bedeutung der marinen Ökosysteme. **Das akute Klimaproblem werde dadurch kaum gelöst**, heißt es in einer Mitteilung des Meeresforschungszentrums Lemar im französischen Brest, dessen Biologe Frédéric Le Moigne an der Studie mitwirkte. **Der Prozess der Absorption dauere Zehntausende Jahre und reiche keinesfalls aus, um das exponentielle Wachstum der menschengemachten CO₂-Emissionen auszugleichen.** Wenn dieses Problem gelöst werde, könne man aber langfristig auf die Kraft der Meere zur Regulierung des Klimas zählen.

<https://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/meeresforschung-ozeane-koennen-viel-mehr-co-speichern-als-gedacht-a-323d3068-c09c-4758-83dc-16258af1b631> 07.12.2023

Methoden der CO₂-Entnahme aus der Atmosphäre



Blorn Maier / CDRterra

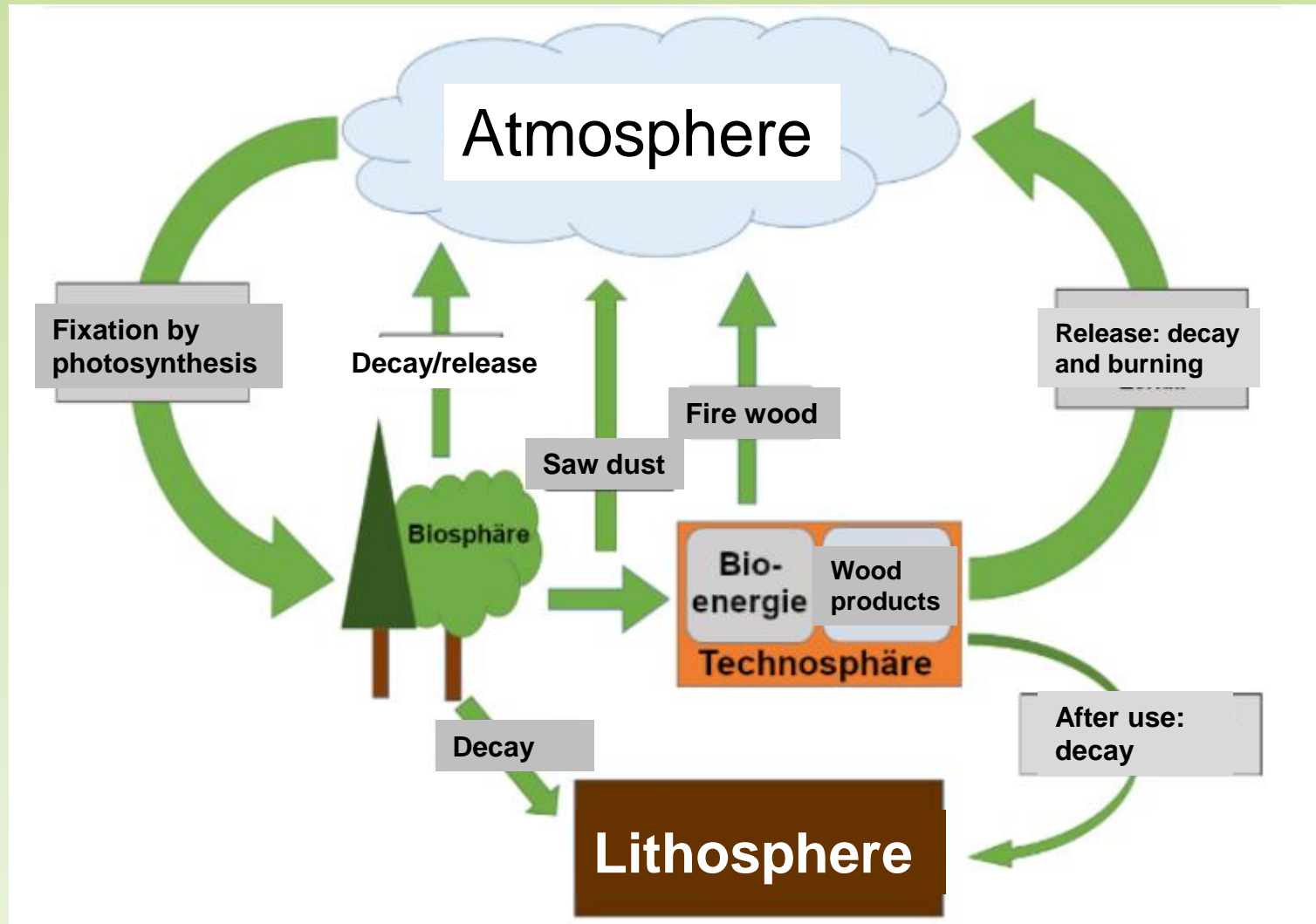
Der Weltklimarat IPCC hat am Montag (4.4.2022) den dritten Teil seines Sachstandsberichts zur globalen Erwärmung veröffentlicht, der Maßnahmen zu ihrer Eindämmung erörtert.

Um klimaneutral zu werden, schlägt der Klimarat „negative CO₂-Emissionen“ vor, also die Möglichkeit, der Luft CO₂ zu entziehen, etwa durch **Aufforstung**, aber auch durch technologische Systeme.

Erhebliche Mengen CO₂ ließen sich beim Bau neuer Gebäude einsparen – allein die Herstellung von Zement erzeugt acht Prozent der globalen CO₂-Emissionen.

Der IPCC schlägt vor, Gebäude mit längerer Haltbarkeit zu bauen und zudem **vermehrt Holz zu verwenden**. Holz bietet nicht nur den Vorteil, Zement zu vermeiden, es enthält darüber hinaus Kohlenstoff, der beim Holzwachstum gebunden wurde.

Quelle: Welt online, 5.4. 2022



Before the bark beetle killed the spruce forests: Holzvorrat: Deutschland ist Europameister

Nach der jüngsten Bundeswaldinventur ist der **Holzvorrat in Deutschlands Wäldern** so hoch wie nie zuvor. Innerhalb von zehn Jahren ist er **bis 2012 um 7 % weiter angestiegen**. Mit einem Vorrat von 336 m³ pro Hektar liegt Deutschland nach der Schweiz und Österreich an der Spitze der europäischen Länder.

Mit 3,7 Mrd. m³ Gesamtvorrat steht im deutschen Wald mehr Holz als in jedem anderen Land der Europäischen Union. Mit Ausnahme der Fichte sind die Vorräte der einzelnen Baumarten angestiegen – bei der Kiefer um 8 % (55 Mio. m³), bei der Buche um 10 % (58 Mio. m³) und bei der Eiche um 16 % (50 Mio. m³).
(Quelle: Bundeswaldinventur 3, Thünen Institut; Stand 2019).

Im Zeitraum zwischen **2002 und 2012 wuchsen circa 121,6 Mio. m³ (Vfm) Holz in den deutschen Wäldern nach**. Das sind 3,9 Kubikmeter pro Sekunde. Im gleichen Zeitraum wurden circa 75,7 Mio. m³ (Efm) Holz geerntet.

Knapp **87% der jährlich zugewachsenen Holzmenge werden genutzt oder sind auf das natürliche Absterben von Bäumen zurückzuführen**. Die restlichen 13 % gehen in den Vorratsaufbau . **Damit wächst deutlich mehr Holz heran, als geerntet wird.**

Quellenangaben

FNR, Basisdaten Wald und Holz, 2019

Dritte Bundeswaldinventur 2012

Kohlenstoffinventur 2017, Thünen-Institut

Wichtige Studie: **Roebroek et al., Science 380, 749–753 (2023)**

Um CO₂ aus der Luft zu entfernen, gibt es verschiedene Strategien. <https://usys.ethz.ch/>

Eine Idee ist es, die Nutzung der Wälder einzuschränken, um mehr Kohlenstoff in ihnen zu speichern.

Allerdings hat eine neue Studie von der Europäischen Kommission und der ETH Zürich gezeigt, dass diese Idee ihre Grenzen hat. Selbst wenn die Bewirtschaftung der Wälder komplett eingestellt würde, könnte nur begrenzt CO₂ eingespart werden.

Weniger Waldwirtschaft, mehr Klimaschutz: Wälder speichern Treibhausgas, aber nicht unbegrenzt

Naturnahe Wälder als Speicher für Treibhausgase zu nutzen, kann global nur wenig neue Emissionen ausgleichen.

<https://www.tagesspiegel.de/wissen/weniger-waldwirtschaft-mehr-klimaschutz-waelder-speichern-treibhausgas-aber-nicht-unbegrenzt-9845051.html>

Intakte und naturnahe Wälder zu erhalten oder zu gestalten, ist eine wichtige Maßnahme für den Klimaschutz.

Bäume speichern in ihrem Holz Kohlenstoff, der zuvor als Treibhausgas Kohlendioxid die Temperaturen der Luft anheizte.

Allerdings gibt es klare Grenzen für diese natürliche Hilfe:

Selbst wenn weltweit die Forstwirtschaft eingestellt und kein Holz mehr geschlagen würde, dürfte das den Klimawandel nur um wenige Jahre verzögern.

Würde bei einem weltweiten Bewirtschaftungsstopp kein Holz mehr gefällt, keine Jungpflanzen mehr gesetzt und kein Waldbrand bekämpft werden, sollten die Bäume erst einmal wachsen und dabei große Mengen Kohlendioxid aus der Luft aufnehmen. Aber auch ohne Forstwirtschaft erreichen Wälder nach einiger Zeit ein Gleichgewicht, in dem ähnlich viele Bäume von Stürmen gefällt und von Schädlingen attackiert werden, wie Holz in der gleichen Zeit nachwächst.

Bis dahin wäre nach den Kalkulationen der GFS-Gruppe die **Menge des Holzes in den Wäldern um etwa 15 Prozent gewachsen**. Weltweit wären damit zusätzlich insgesamt rund 44 Milliarden Tonnen Kohlenstoff im Holz gebunden.

Allerdings setzt die Menschheit derzeit jedes Jahr rund zehn Milliarden Tonnen Kohlenstoff in die Luft frei. **Das Ende der gesamten Forstwirtschaft würde insgesamt also gerade einmal die Emissionen der Menschheit von gut vier Jahren kompensieren.**

Anmerkung: Zudem müsste das fehlende Holz durch andere Stoffe ersetzt werden (Beton, Stahl, Öl, Gas..), deren Nutzung nicht kohlenstoffneutral ist

„Diese Studie bestätigt, dass es grundsätzlich sinnvoll ist, in den Wäldern der Erde weniger Holz zu schlagen und so den Klimawandel zu bremsen“

II. Global nitrogen cycle

Nitrogen (N_2):

>78 % of atmospheric gases..

but we cannot use it directly!

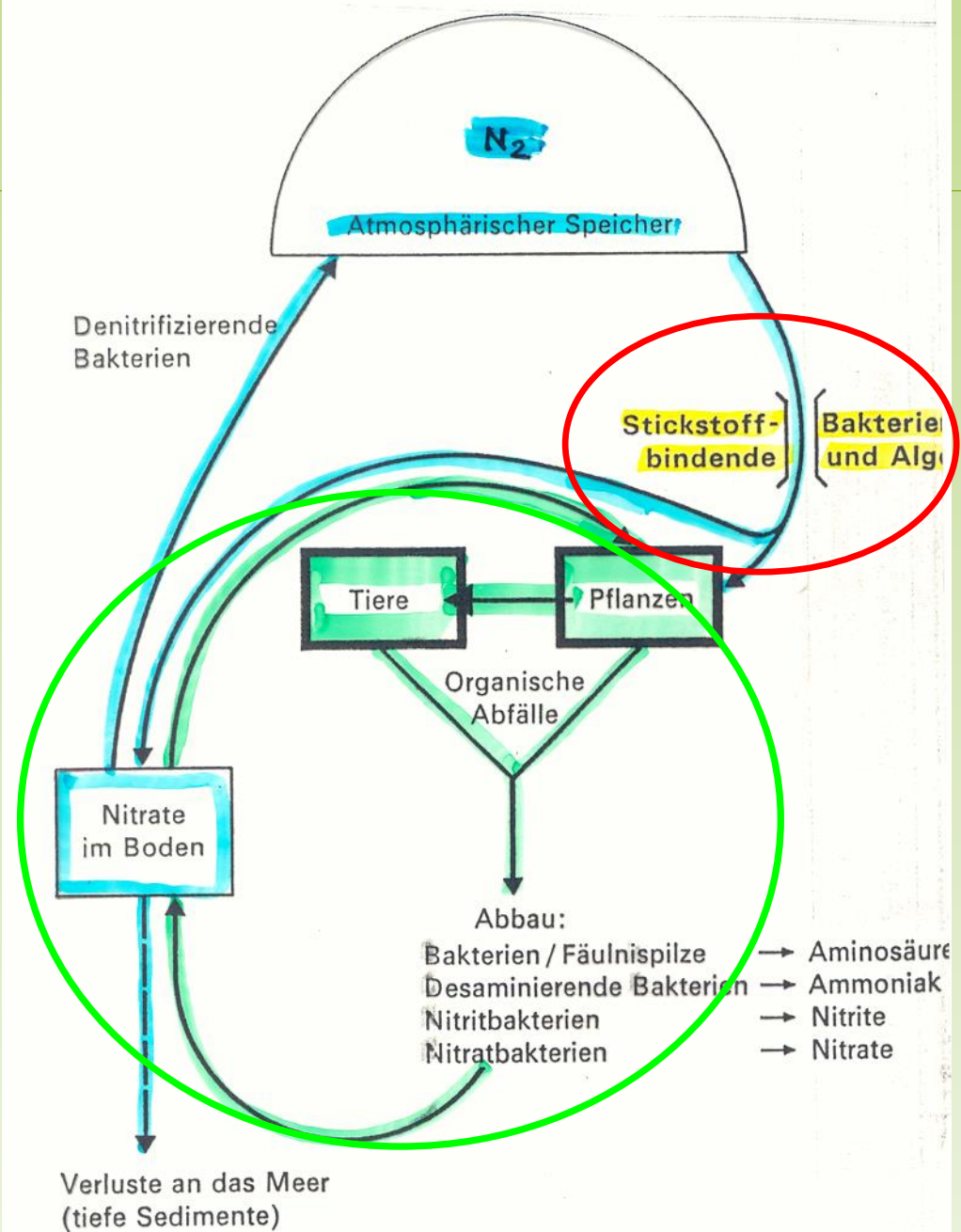
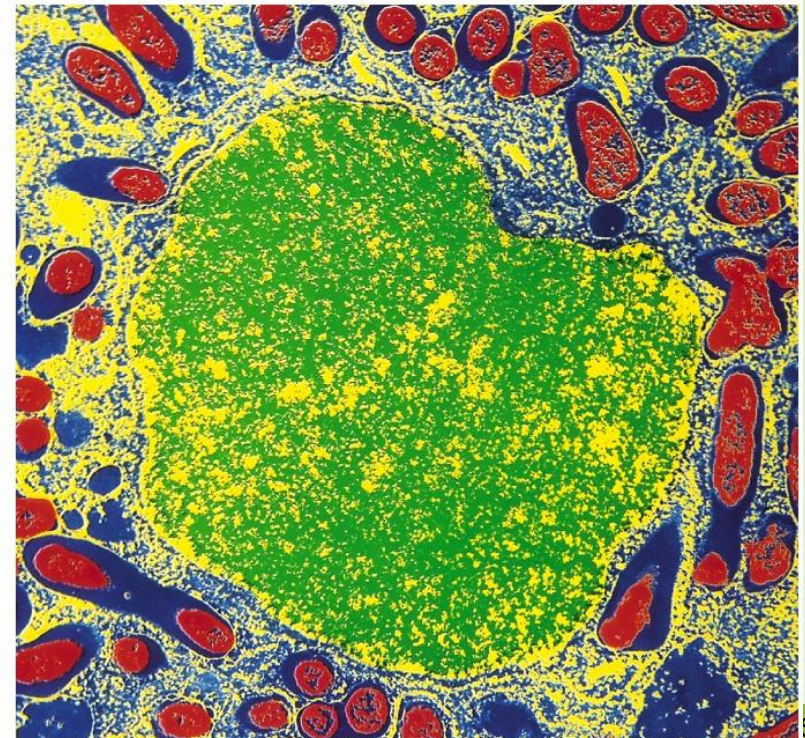


Abb. 3.24B. Biogeochemische Zyklen: Stickstoff-Kreislauf

Nitrogen fixation using nitrogenase (anaerobic):

- Azotobacter (free-living)
- Cyanobacteria (free-living)
- **Rhizobium bacteria (symbiotic with legumes)**
- Actinomycetes (symbiotic?)

Further input: lightning; volcanoes



Nitrogen-fixing bacteria in root nodules:

→ Symbionts of *leguminous* plants
Examples (over 18,000 species!):

Beans, Soy bean, peanuts, clover, lupines...
Trees like alder,
but also mosses and lichens



Nitrogen fixation using nitrogenase (anaerobic):



22.10.2022: Die Robinien werfen noch fast grünes Laub ab, während der Ahorn die Nährstoffe in den Stamm zurückzieht (daher die Laubfärbung)

Die Robinie kann sich diese Nährstoffverluste „leisten“, da sie durch die Symbiose mit den Knöllchenbakterien ausreichend „Nachschub“ an Stickstoff (aus der Luft) erhält.

Zudem ist das abgeworfene Laub der Robinie sehr nährstoffhaltig
(= standortverbessernd)

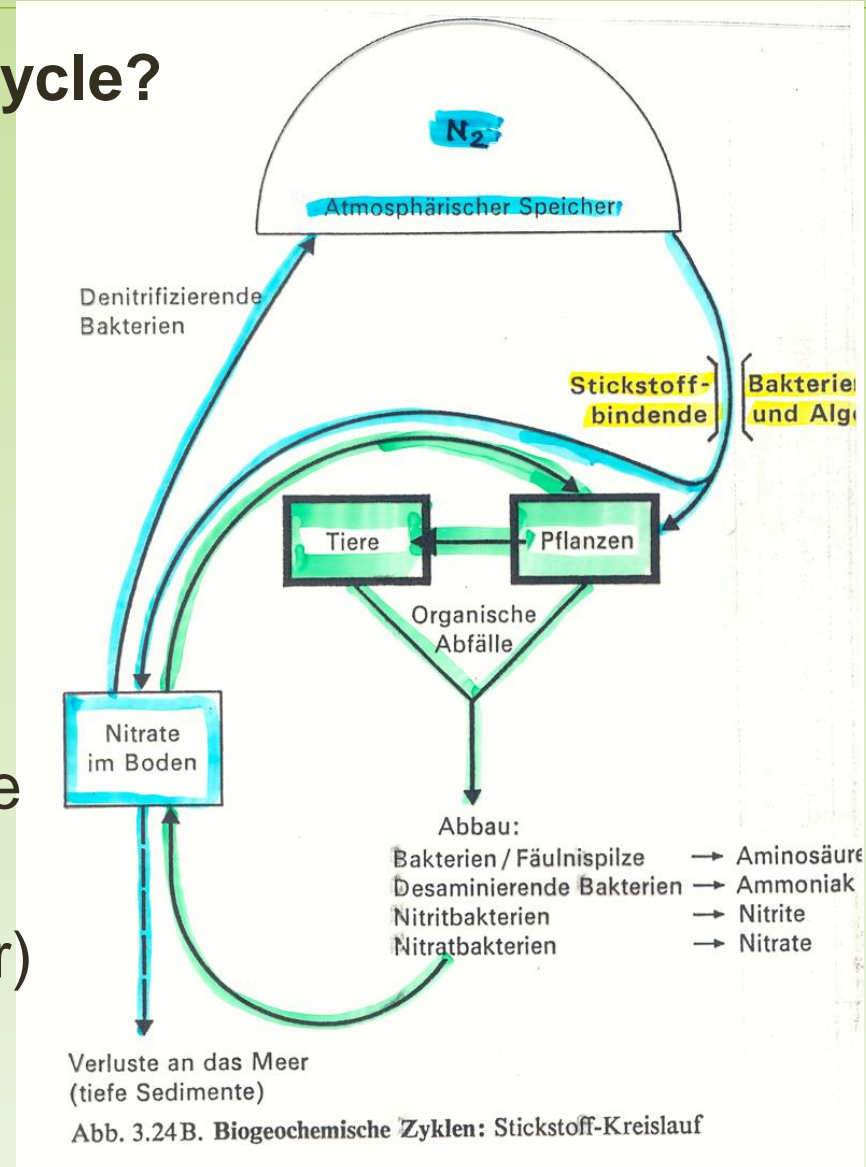
II. Global nitrogen cycle

How are **humans** altering the N cycle?

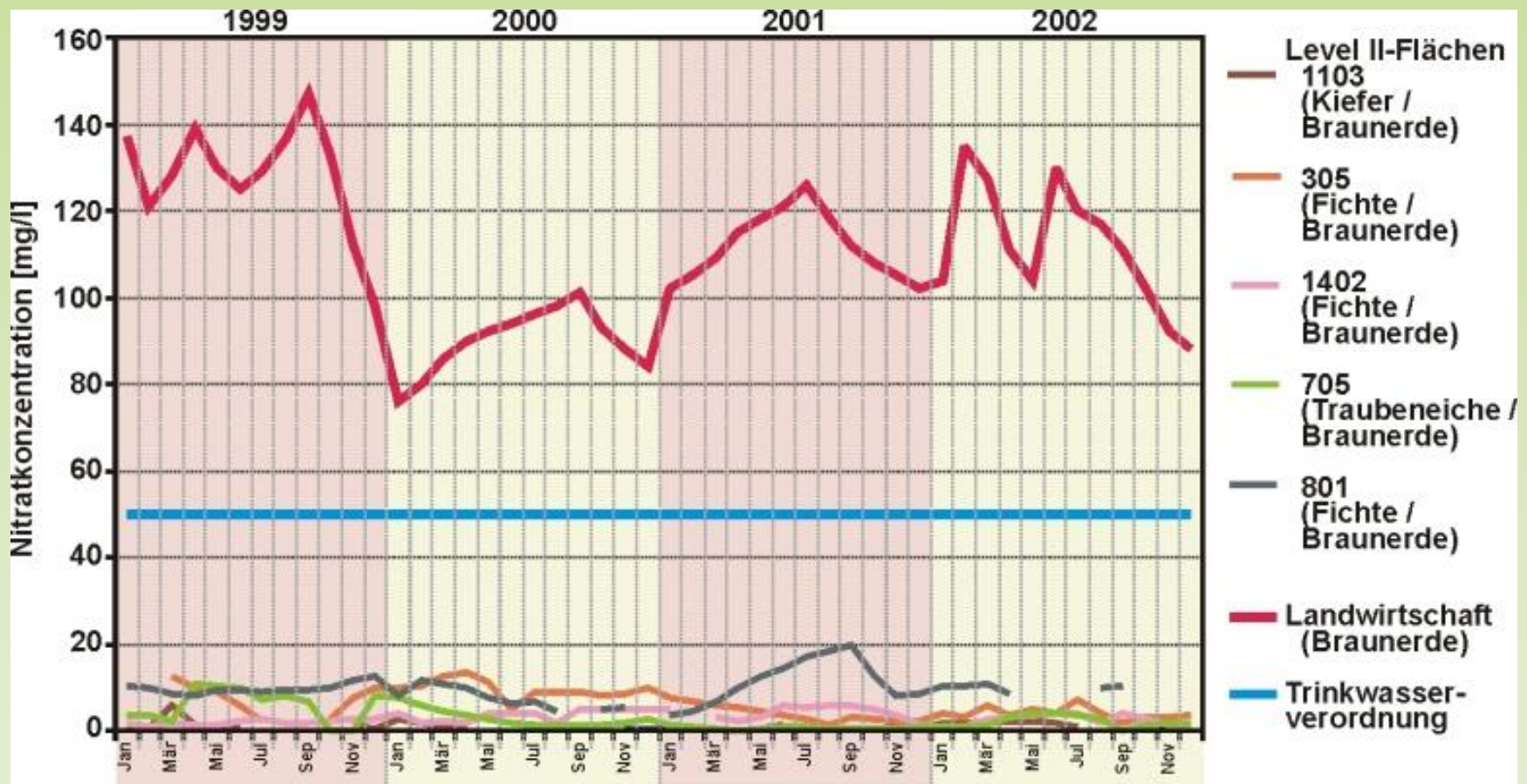
- Nitrogen fertilizer
- Nitrogen-fixing crops
- Fossil fuel burning

Consequences:

- + greenhouse gas emission
- affects carbon cycle/balance
- nitrogen saturation (and wash-out, groundwater)
- biodiversity and species mix changed



How are humans altering the N cycle?

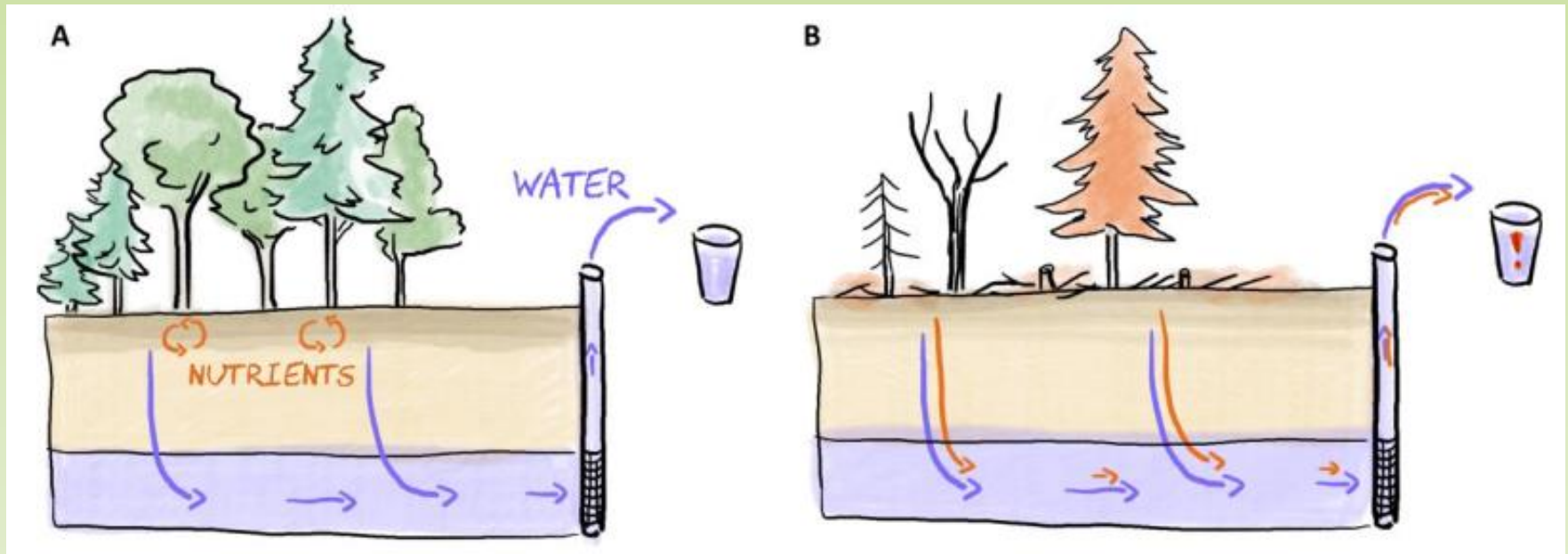


Nitratkonzentration im Sickerwasser unterhalb der Hauptwurzelzone für Wald und Landwirtschaft (Quelle Landwirtschaft: Knappe, Haferkorn, Meissner, 2002; Quelle Wald: BFH Datensatz Forstliches Umweltmonitoring, Level II) © vTI

How are humans altering the N cycle?

Winter et al. (2024): **Forest dieback in drinking water protection areas – a hidden threat to water quality**

<https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2024.08.07.606951v1>



...“On average, nitrate concentrations more than doubled in WPAs with severe forest dieback, whereas nitrate concentrations did not significantly change in undisturbed WPAs.”

<https://doi.org/10.1101/2024.08.07.606951>;

Effects of excessive nitrogen input on forest ecosystems:

Stickstoff

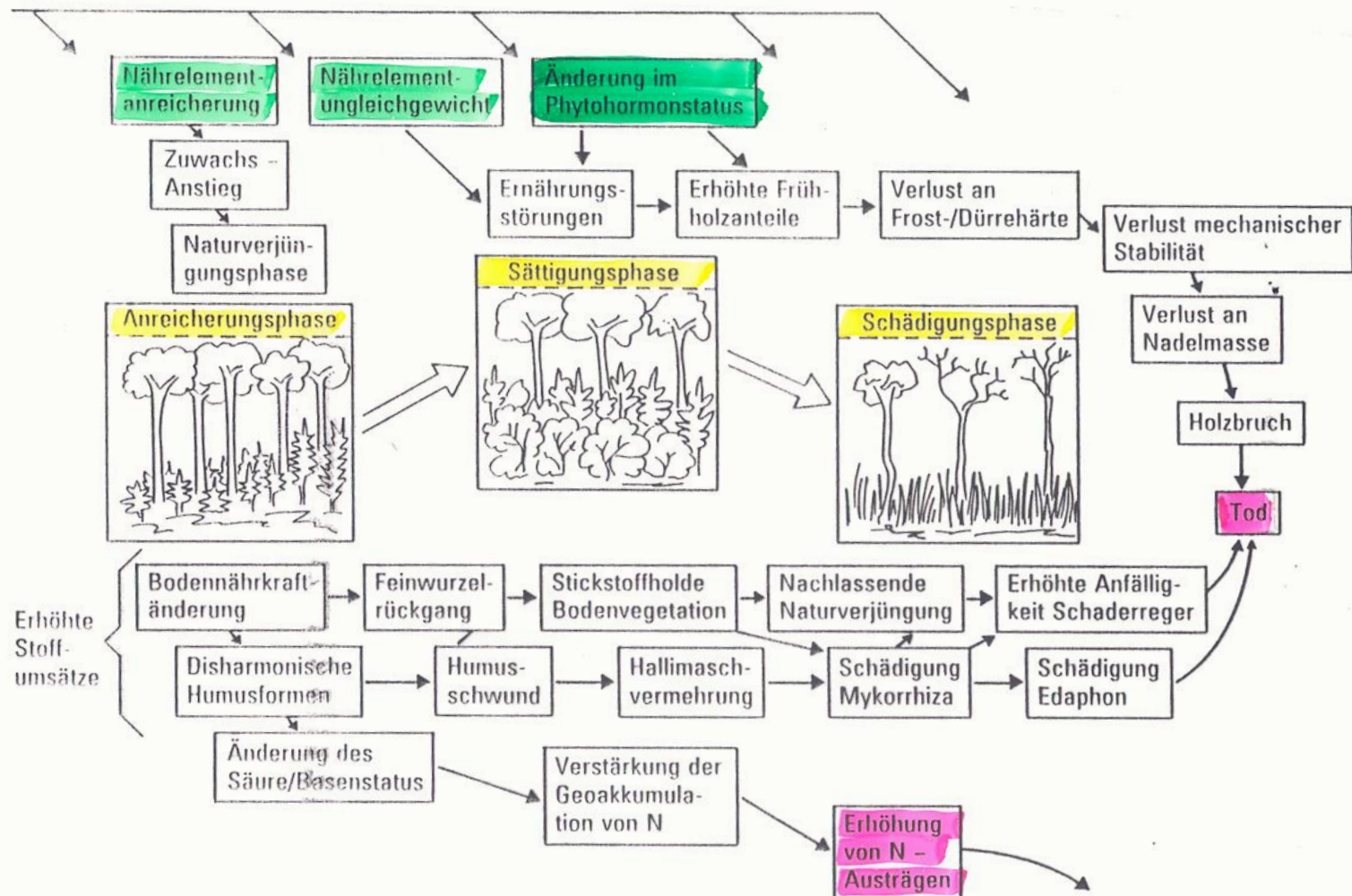


Abb. 4.35. Störungskette bei überhöhten Stickstoffeinträgen (NO_x ; NH_4^+ ; NH_3) (im Anhalt an HOFFMANN, HEINSDORF, KRAUS 1991, verändert).

Stickstoffemissionen bremsen die Erderwärmung 25. Juli 2024 Durch menschliche Aktivitäten freigesetzte Stickstoffverbindungen haben in Summe einen kühlenden Effekt auf die globale Durchschnittstemperatur, sagt eine neue Studie unter Leitung von Wissenschaftlern des Max-Planck-Instituts für Biogeochemie in Jena. Klingt nach einer guten Nachricht, ist es aber nicht, so die Forscher.

Es ist eine Analyse der komplexen Auswirkungen von Stickstoffverbindungen aus der Landwirtschaft und Stickstoffverbindungen aus der Verbrennung fossiler Energieträger auf die globale Durchschnittstemperatur. Und aus ihr geht hervor: Insgesamt ergibt sich ein kühlender Effekt. Ohne menschliche Stickstoffeinträge hätte sich das Klima demnach noch etwas mehr aufgeheizt als ohnehin schon. Positiv bewerten die Forscherinnen und Forscher dies aber nicht – angesichts diverser negativer Folgen von Stickstoffemissionen für Mensch und Umwelt. "Das klingt zwar wie eine gute Nachricht", sagt der Jenaer Institutsdirektor Sönke Zaehle. "Aber dabei muss man berücksichtigen, dass die Stickstoffemissionen viele schädliche Wirkungen etwa auf die Gesundheit, die Artenvielfalt und die Ozonschicht haben." Die Ergebnisse seien kein Grund, die Umweltbilanz der Stickstoffeinträge schönzureden oder in zusätzlicher Stickstoffzufuhr gar ein mögliches "Mittel gegen die Erderwärmung" zu sehen.

Stickstoff ist ein natürlich in der Atmosphäre vorkommendes Gas. Aber der Mensch setzt noch zusätzliche Stickstoffverbindungen frei, Quellen sind zum Beispiel Gülle und synthetische Düngemittel in der Landwirtschaft, aber auch bei der Verbrennung fossiler Energieträger wie Erdöl und Kohle entstehen unter anderem Stickoxide, die sich in der Luft verteilen. Allerdings unterscheiden sich die direkten und indirekten Klimawirkungen der verschiedenen Stickstoffverbindungen. So wirkt aus gedüngten Böden entweichendes Lachgas nach Angaben der Jenaer Forscher als extrem starkes Treibhausgas. Seine Wirkung ist annähernd 300 Mal stärker als die von Kohlendioxid. (Lachgas-Emissionen in vier Jahrzehnten um 40 Prozent gestiegen) Zugleich lässt der Stickstoffeintrag aber Pflanzen besser wachsen, so dass diese mehr Kohlendioxid binden.

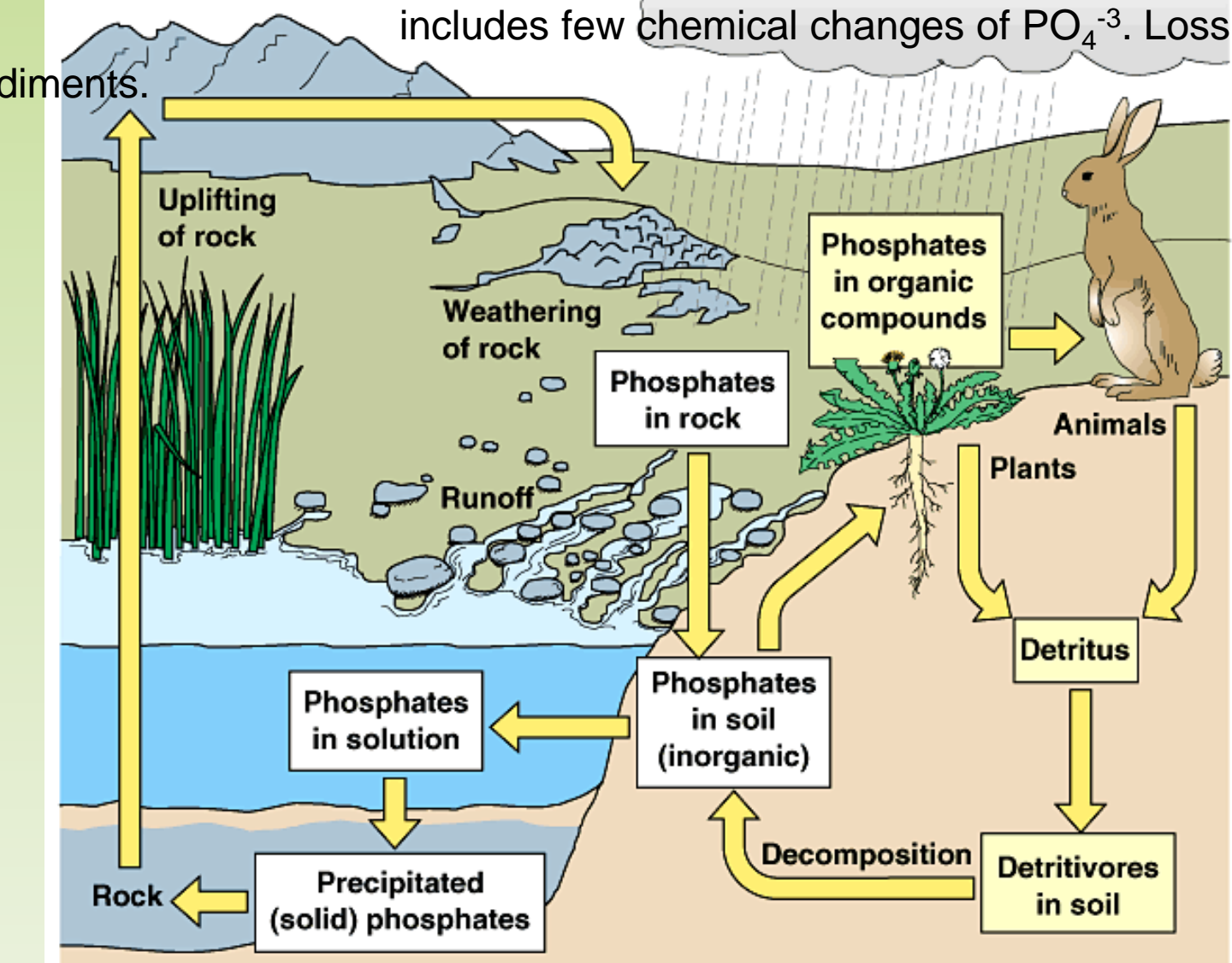
Auch die bei Verbrennung freigesetzten Stickoxide haben "widersprüchliche" Wirkungen. Unter anderem begünstigen sie die Bildung von Schwebepartikeln in der Atmosphäre, die Sonnenlicht abschirmen und deshalb kühlen. Zugleich führen sie allerdings auch zu einer vermehrten Bildung von Ozon, das wiederum ein sehr starkes Treibhausgas ist.

In Summe errechnete die Forschungsgruppe daraus einen Kühleffekt von 0,34 Watt pro Quadratmeter durch menschliche Stickstoffeinträge seit 1850. Zum Vergleich: Laut Weltklimarat IPCC heizte der Mensch zwischen 2011 und 2020 vor allem durch die Emission von Treibhausgasen jeden Quadratmeter im Mittel um 2,7 Watt auf.

Eine direkte Umrechnung der kühlenden Wirkung der Stickstoffeinträge auf die globale Durchschnittstemperatur sei allerdings nicht möglich, betonten die Experten aus Jena. Einerseits träten dabei örtliche Effekte auf, zum anderen reagiere das Klimasystem träge und in komplexer Weise auf die Verschiebungen. Zugleich verwiesen die Forscher auf die negativen Umwelt- und Gesundheitsfolgen von Stickstoffverbindungen – etwa in Form der Überdüngung von Gewässern oder durch deren Rolle bei der Bildung von Feinstaub und dem Entstehen von Atemwegserkrankungen. So lautet das Fazit von Institutsdirektor Zaehle trotz des errechneten kühlenden Effekts: "Die Stickstoffemissionen sollten reduziert werden."

Die Studie "Global net climate effects of anthropogenic reactive nitrogen" ist im Journal "Nature" erschienen.

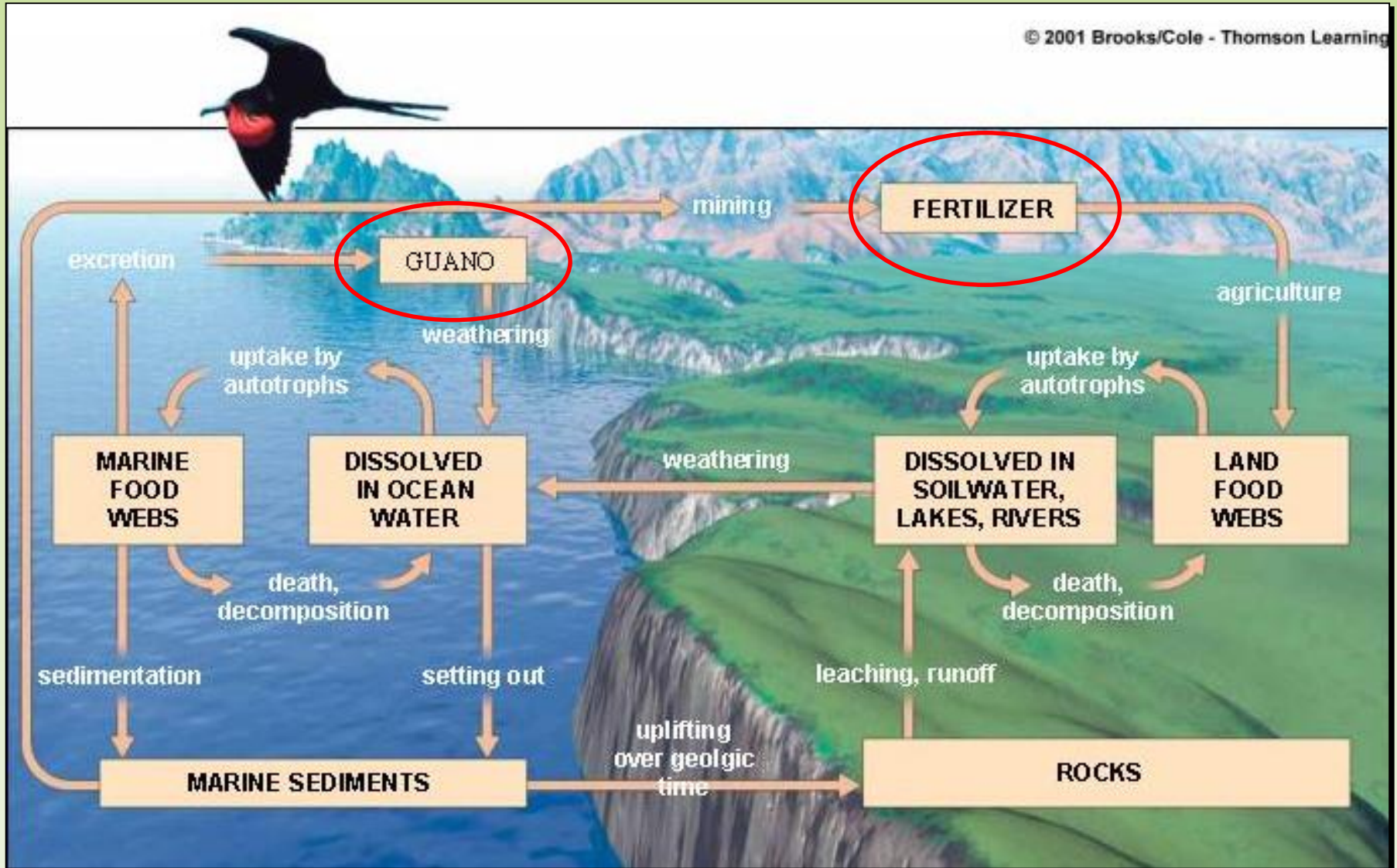
III. Global phosphorus cycle



Phosphor:

No
atmospheric
gas!

III. Global phosphorus cycle – role of animals



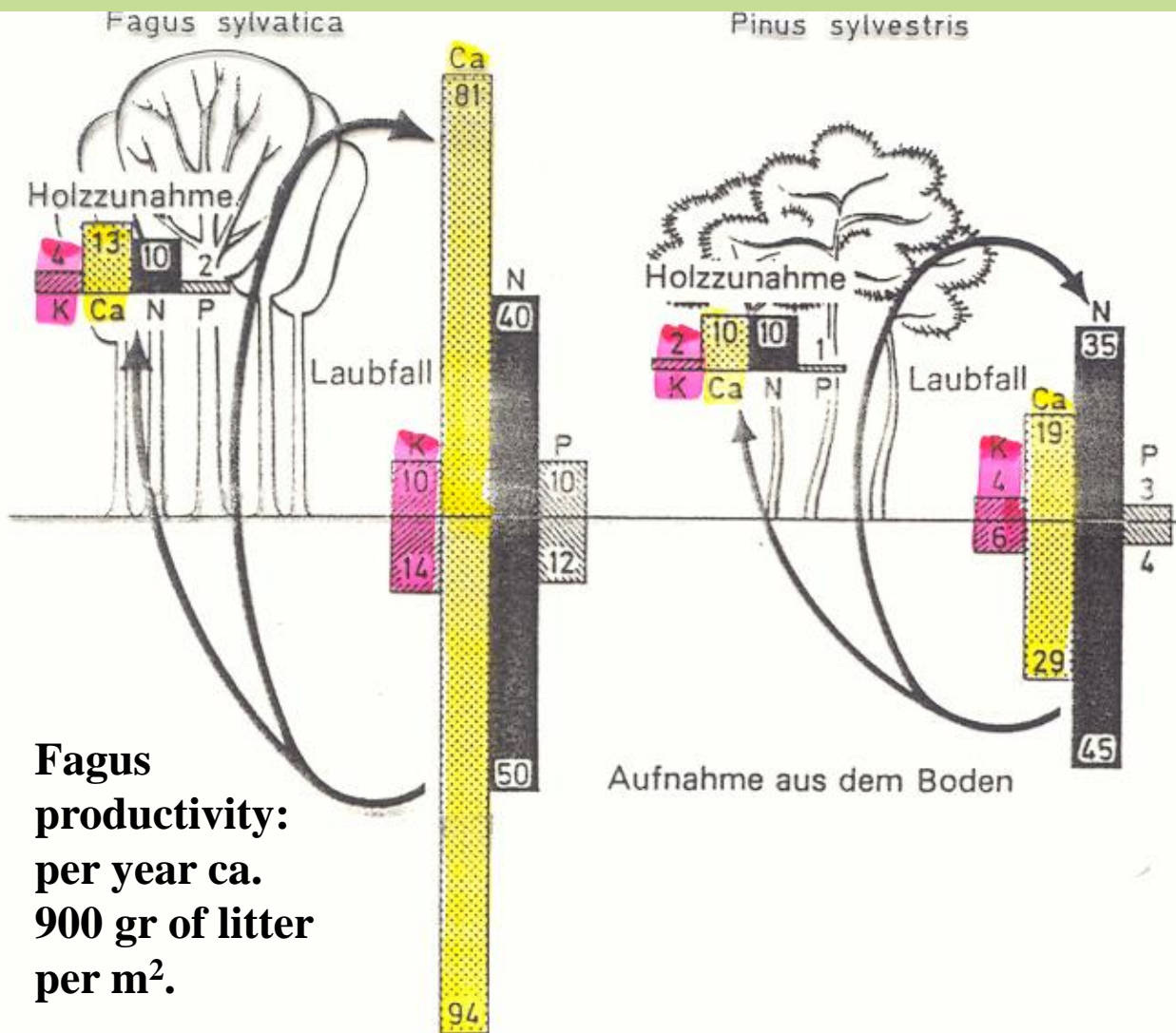
Island of Nauru: effects of Guano mining

(similar: coastal areas of Peru)

<http://www1.american.edu/ted/NAURU.htm>

<https://www.spiegel.de/geschichte/pazifikinsel-nauru-a-947212.html?fbclid=IwAR0sS9wRpz8lrC0xkwddxb2u-rhNn9POw63VkUnMVapmDIndClsdVolM218>





Element flow in different forest ecosystems:

Tree species differ in the uptake of nutritional elements

The amount of nutrients returned to the soil surface (leaf litter) differs, too.

Fagus sylvatica (Rot-Buche) may be considered a „nutrient pump“

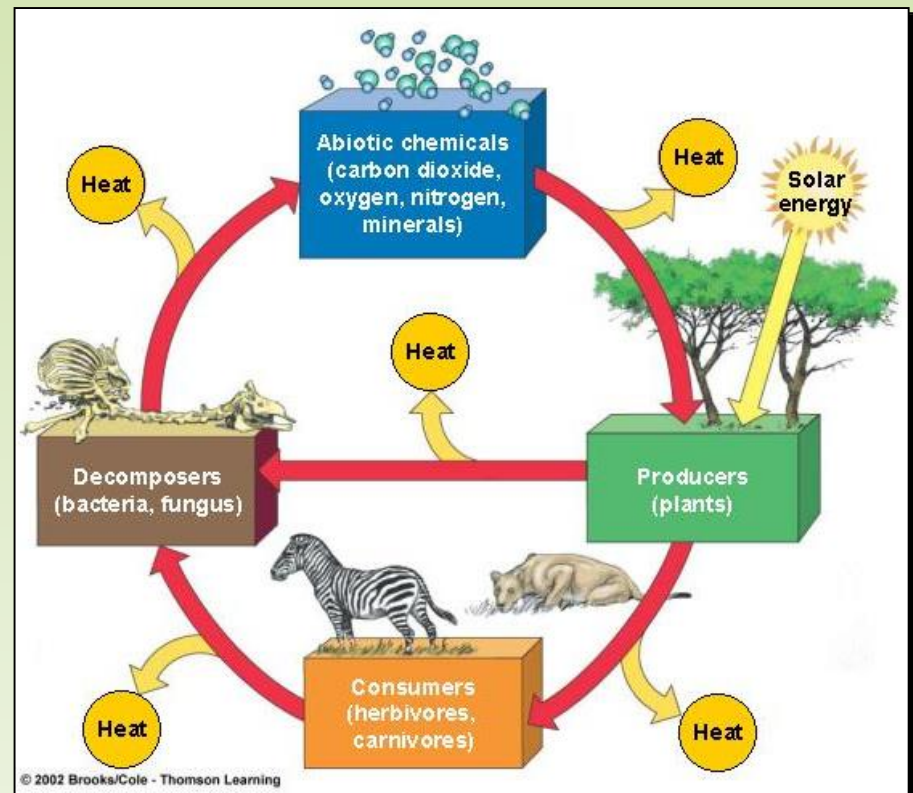
Fagus productivity:
per year ca.
900 gr of litter
per m².

Abb. 153. Jährliche Aufnahme (Werte unterhalb der Bodenlinie), jährlicher Rückhalt im Gewebe (Zahlenangaben in den Kronen der Bäume) und jährliche Rückgabe (Werte oberhalb der Bodenlinie) der wichtigsten Mineralien (in kg pro ha) von Kiefer und Rotbuche. Man beachte die große Menge der Nährstoffe, die dem Boden durch den Laubfall zurückgegeben werden: Es stellt das rotierende Kapital für die Bodenfruchtbarkeit des Waldes dar. (Aus Reichle, 1973)

Take-home message: Nutrients cycle in ecosystems.

The cycling of nutrients is driven by the energy provided by the sun and fixed for a limited time by the producers (e.g. in wood), then passed on through the different trophic levels, and gradually transformed into heat by consumers / decomposers.

**Nutrients are recycled,
while energy must be
delivered by the sun!**



I. LECTURES

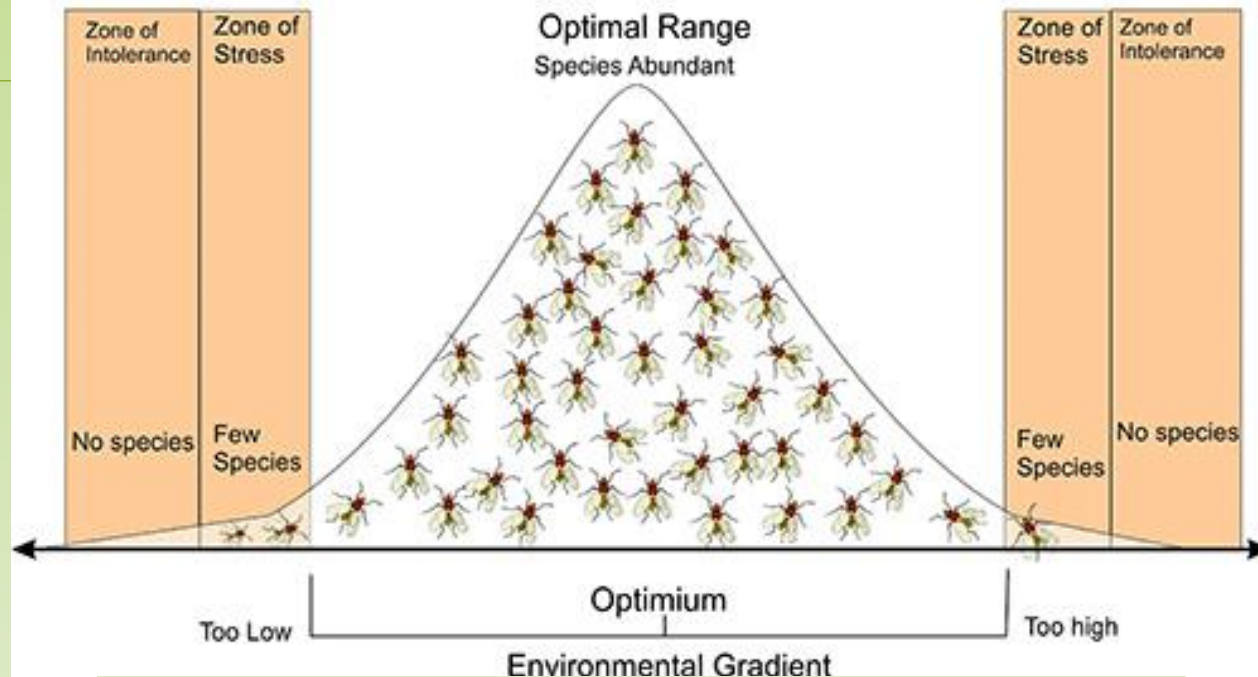
- Principles of *General Ecology*
- components of ecosystems
- energy flow / nutrient cycles
- adaptation of organisms to abiotic conditions
- development of ecosystems
- relevance of ecosystem components

The Physical (inorganic or abiotic) environment:

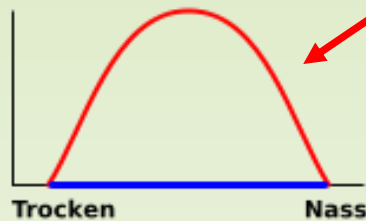
...consists of **ranges of conditions**
under which some forms of life can exist while others cannot.

These factors affect
SURVIVAL, GROWTH, REPRODUCTION...

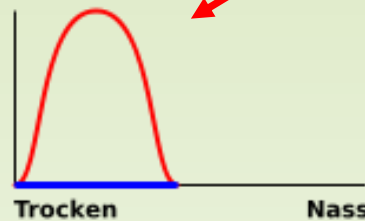
Principle of Tolerance Limits



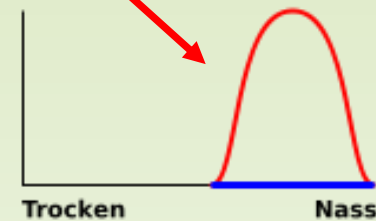
euryoecious ← → stenoecious
 („euryök / stenök“)



Fagus sylvatica
 Rotbuche, größte Potenz bei mittlerer Feuchte, meidet Trockenheit und Nässe.



Quercus ilex
 Steineiche, größte Potenz auf trockenem, fehlt auf frischen oder feuchten Böden.



Alnus glutinosa
 Schwarzerle, nur auf frischen bis nassen Böden.

The physical environment (abiotic factors)

- 1) What are these factors?
- 2) How do plants & animals adapt to these factors?
- 3) (How) Does a forest modify these factors?

The physical environment:

Abiotic factors:

1. **Radiation / light**

2. **Temperature**

3. **Water**

4. Chemical factors

gases

nutrients

„food“

5. Mechanical factors

wind

water

fire

Complex interactions of factors:

„Climate“

„Soil, Air“

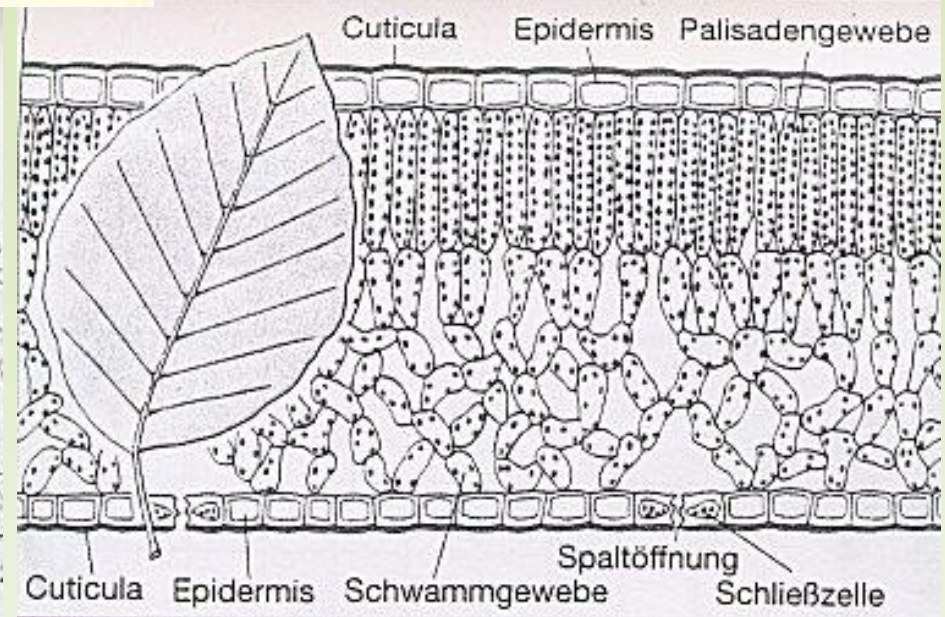
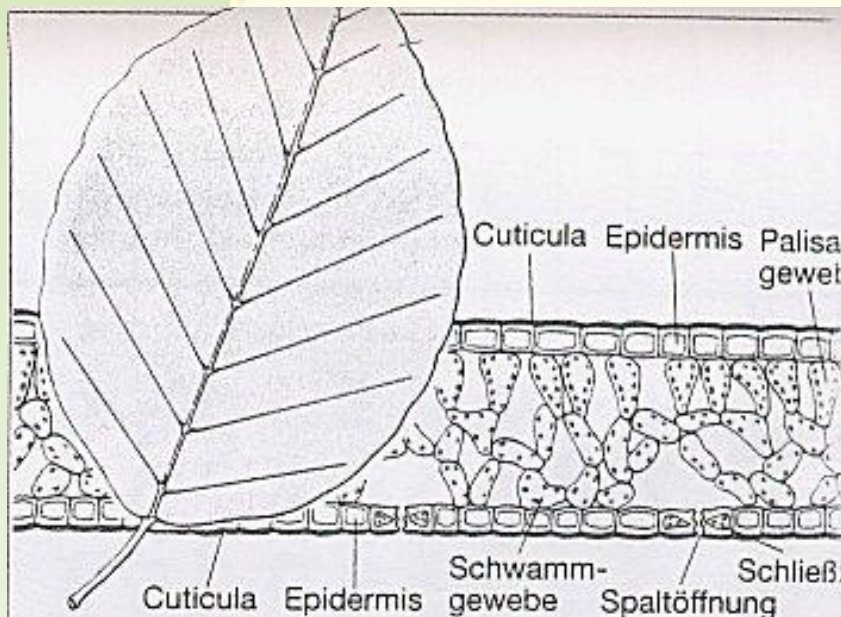
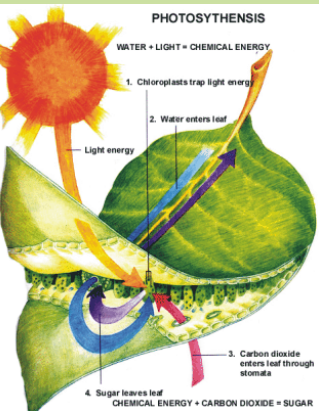
„Structure“

Factor LIGHT

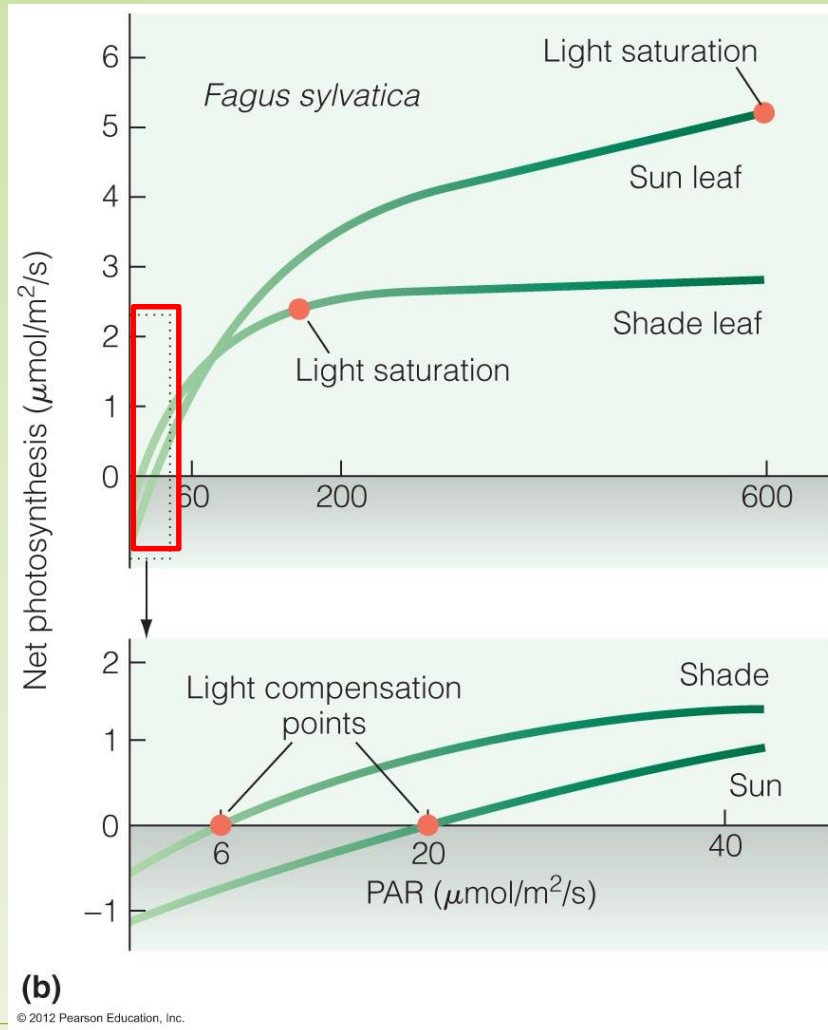
Plants can adapt their metabolism to the availability of requirements for photosynthesis,
e.g. by changing leaf size and –thickness:

Leaf in shadow:

leaf exposed to sun light:



Adaptation to light availability: **Light compensation point (K)**

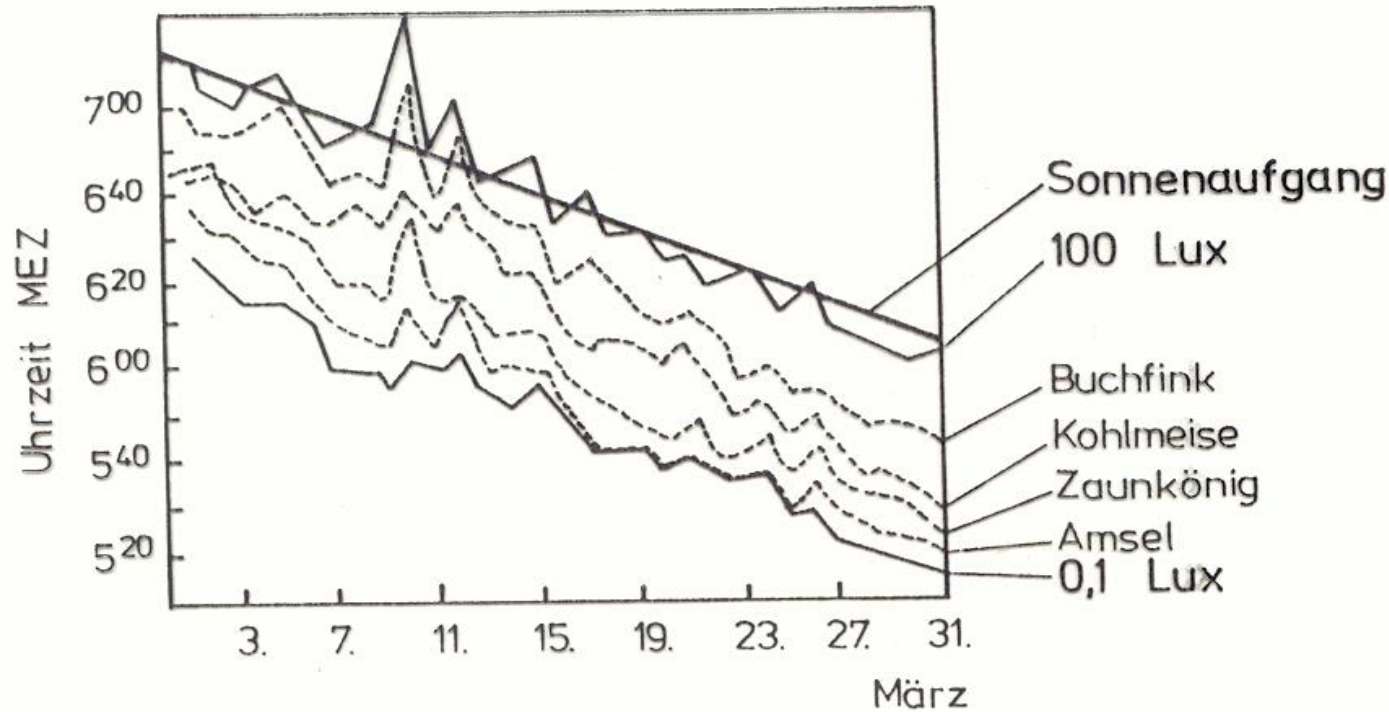


Leaf exposed to sun



Leaf in shadow

What about animals and factor light??



The activity of animals is often regulated by light

Potentially harmful: „Light contamination“

The physical environment:

Abiotic factors:

1. Radiation / light
2. **Temperature**
3. Water
4. Chemical factors
 - gases
 - nutrients
 - „food“
5. Mechanical factors
 - wind
 - water
 - fire

Complex interactions of factors:

„Climate“

„Soil, Air“

„Structure“

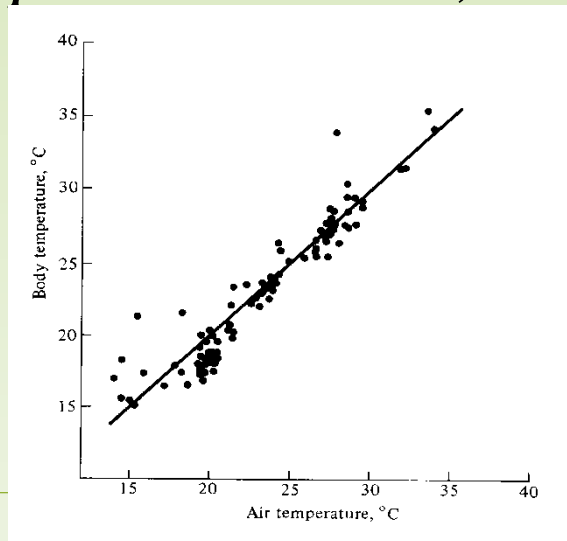
Environmental factor “temperature”: animal’s aim:

→ reach a **stable inner environment**
(= specific, optimal body temperature)
while adapting to **varying outer conditions**



Strategies: adaptation

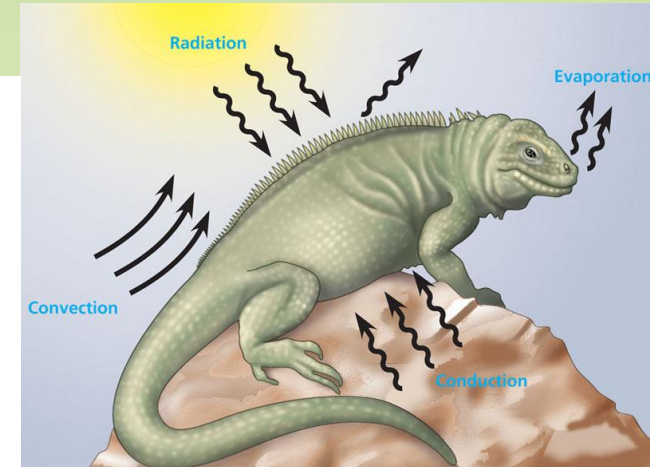
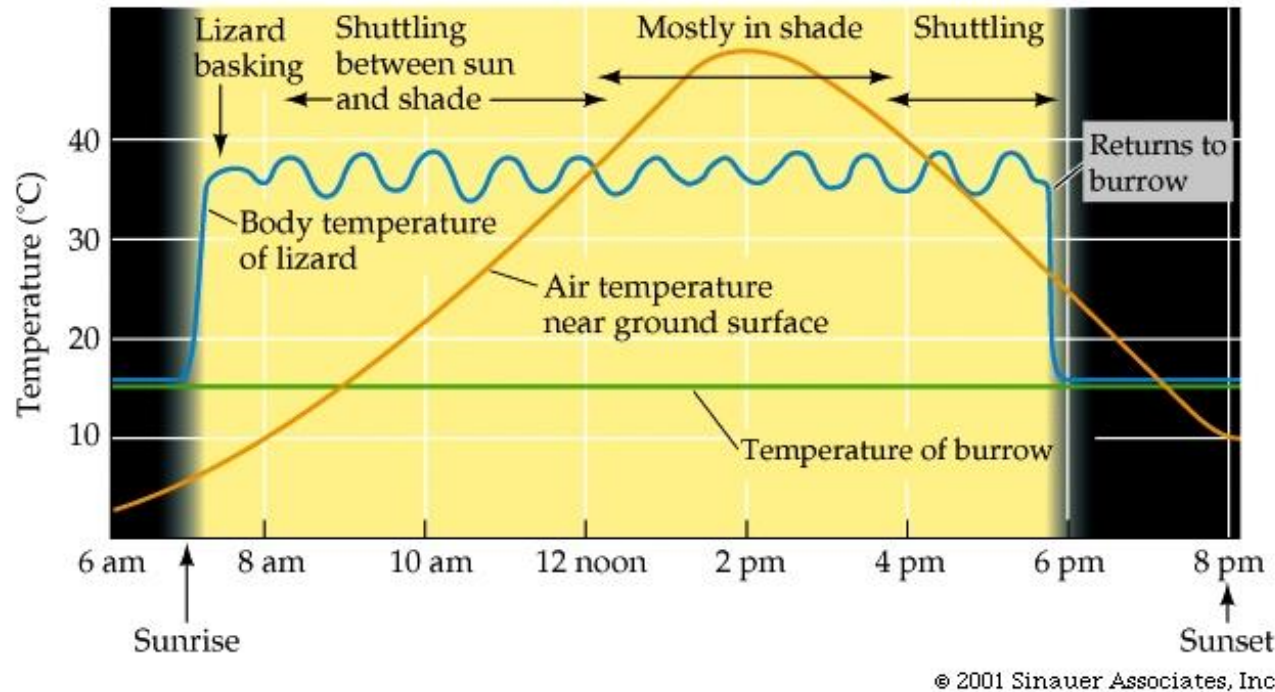
poikilothermal, **cold blooded**



Factor TEMPERATURE

Heat Exchange Between a (*cold blooded*) animal and its Environment

→ behavioral temperature regulation!



Example for physiological adaptation:

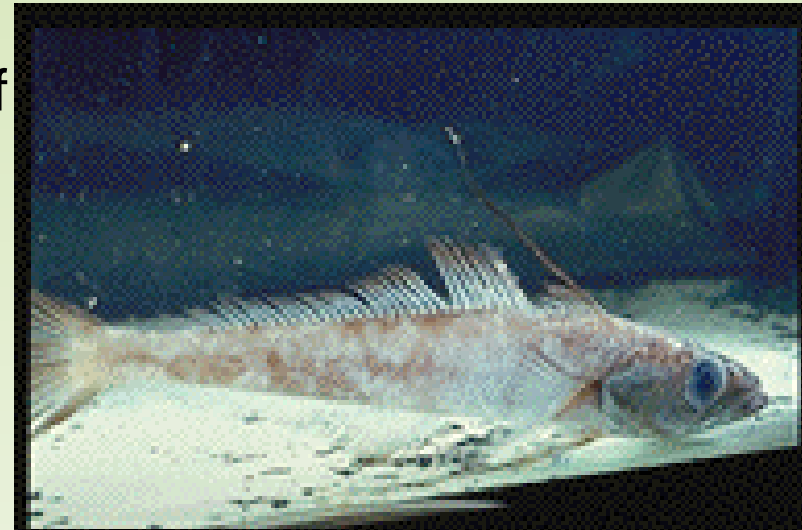
Problem: Low temperatures

blood and tissues of most **cold blooded** vertebrates freeze at temperatures above those found in polar seas.

→ How can fish living in such habitats survive?

Solution:

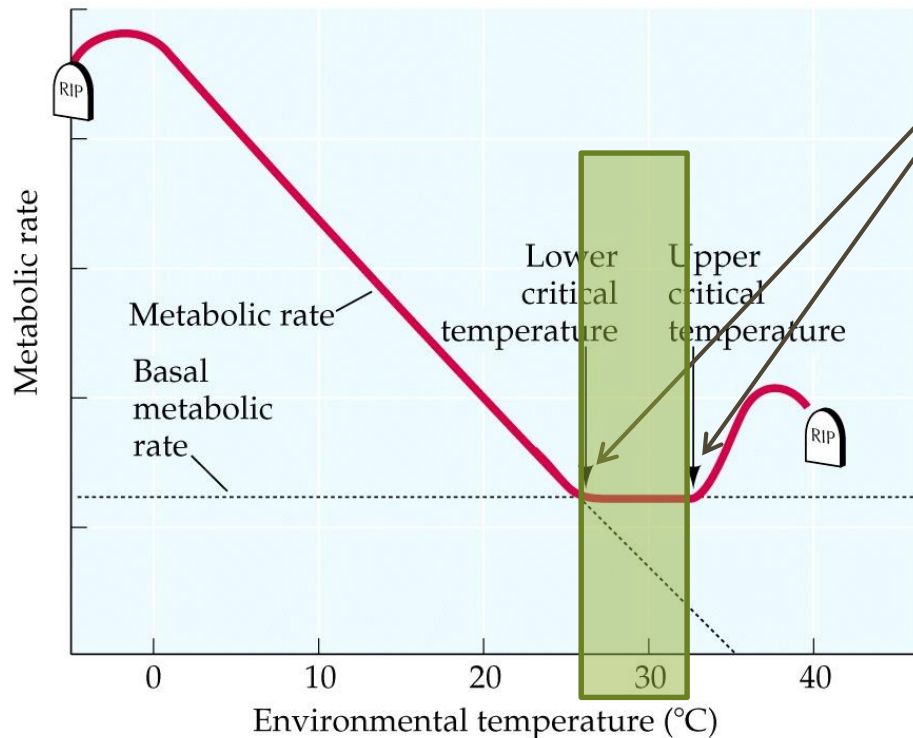
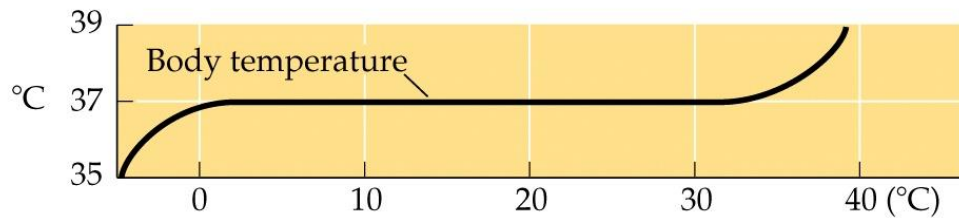
increased blood and tissue levels of **glycerol** lower the freezing point of body liquids without disrupting functioning



Factor TEMPERATURE

Warm blooded animals, (e.g. birds, mammals)

can keep body temperature *stable/constant* over a broad range of outer temperatures



However, only within the *Thermal Neutral Zone (TNZ)* no metabolic energy is needed to stabilize the body temperature

In this zone, **behavioral** adaptation (change of conductance etc.) keeps temperature stable

Outside the **TNZ** warm blooded animals must use **energy** to maintain stable temperature!

Environmental factor “temperature”: animal’s aim:

→ reach a steady state (**stable inner environment**
= specific, optimal body temperature)
while adapting to **varying outer conditions**

Strategies: **adaptation** *poikilothermal*, cold blooded –
 regulation *homoithermal*, **warm blooded**

→ physiological

→ behavioral

→ evolutionary /anatomical

Adaptations

...outside the THERMAL NEUTRAL ZONE:

- Physiological adaptations

→ Shivering; cooling by evaporation: sweating, panting

→ *Descensus testicularum*

- Evolutionary adaptations (i.e. anatomical, social..)

→ Size, fur, color, behaviour...

Adaptations

Behavioral adaptations/ anatomical adaptations

- Movement of hairs/feathers „Aufplustern“
- Change of fur
- Blubber / fat layer
- Search for better micro climate
- Social interaction



anatomical adaptations

Anatomical reactions / adaptations (evolutionary)



	Kaiser-Pinguin	Magellan-Pinguin	Galápagos-Pinguin
Größe	120 cm	70 cm	50 cm
Gewicht	40 kg	5 kg	2 kg
Lebensraum	Antarktis	Küste Argentiniens	Galápagos-Inseln
Jahresdurchschnittstemperatur	-19° C	8° C	24° C

Allen Rule

Related animals in the tropics always have larger body appendages compared to their relatives in the northern (=colder) hemisphere (ears, for example)



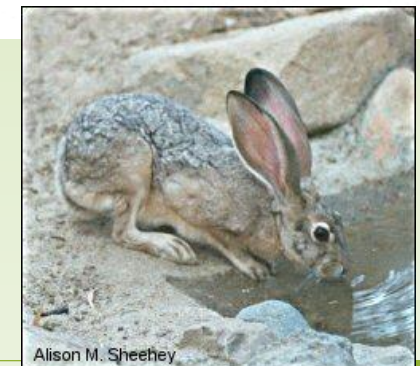
Bergmann Rule

The larger an animal body is, the smaller (relatively!) is its surface area!

Smaller surface area → less heat loss



Glenn Vargas
Snowshoe hare



Alison M. Sheehy

Desert hare

Factor TEMPERATURE

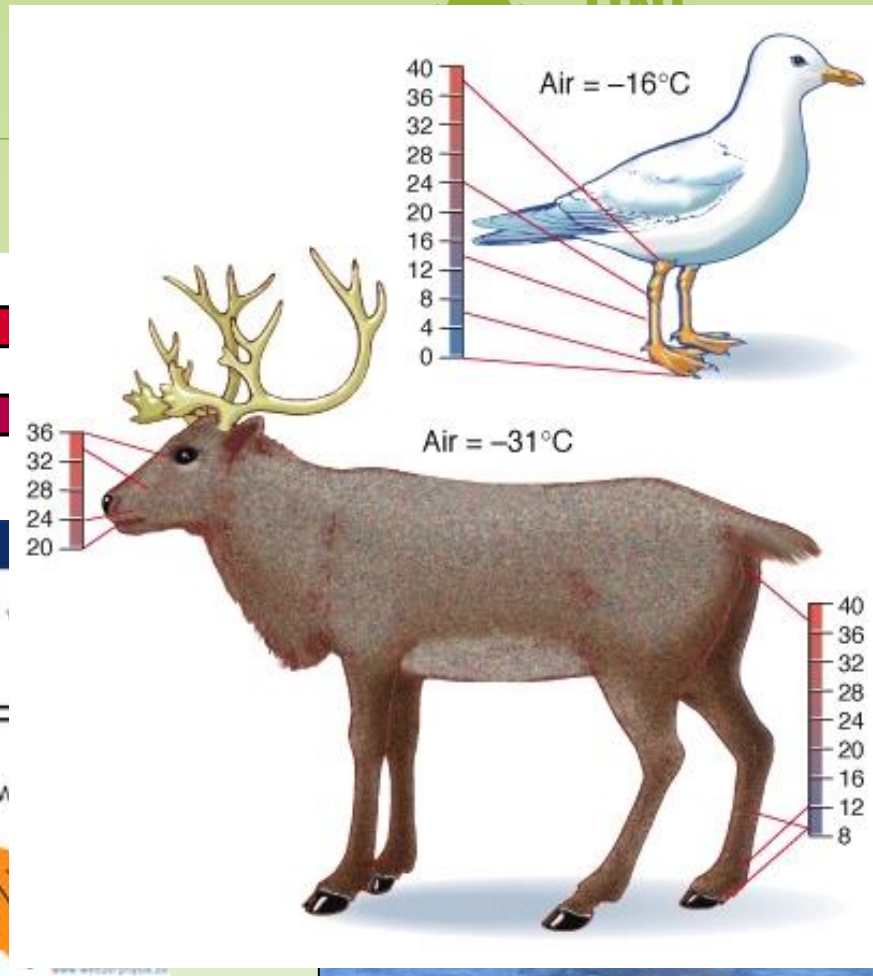
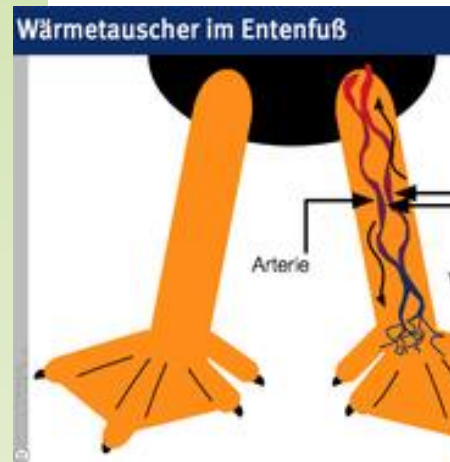
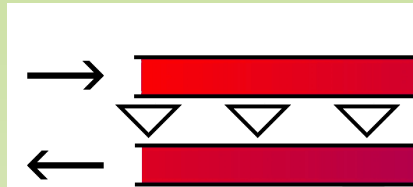
anatomical adaptations

Countercurrent principle

→ Found in legs/arms

Blood is warm and loses a lot of heat when in contact with the surface!

→ Warm blood in arteries, coming from the body, is cooled down on the way to the feet: The venes which bring the (cold!) blood back from the feet run next to the arteries. This way, body heat is transferred from the arteries to the venes. Blood in venes is „preheated“ on its way to the body, while blood in arteries cooled down to reduce the temperature gradient between blood and environment



Environmental factor “temperature”: animal’s aim:

→ reach a steady state (**stable inner environment**
= specific, optimal body temperature)
while adapting to **varying outer conditions**

..if your regulatory adaptations are not sufficient...:

Strategies: adaptation
regulation
Migration



The physical environment:

Reaction of organisms to temperatures **OUTSIDE** their zone of tolerance:

A river in flux - Extreme flooding and droughts may be the new norm for the Amazon, challenging its people and ecosystems.

The Amazon sank steadily beginning in June (2023), as it does most years during the dry season. But by mid-October, the port's river gauge reached the lowest level observed since the record began in 1902.

The average water temperature for this time of year is 30°C, but the sensor recently recorded a high of 39.1°C, with shallower parts of the lake reaching 41°C.

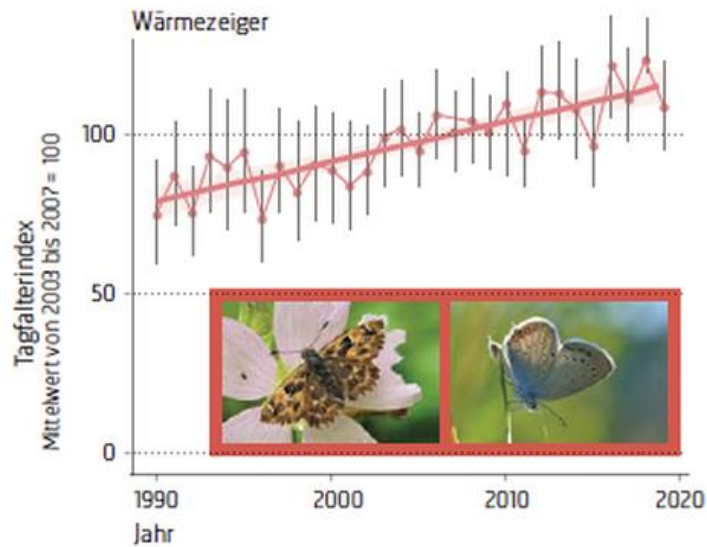
A research team at INPA has shown that Amazonian fish can't withstand temperatures higher than 35°C to 37°C. "Anything above that is a no-go," says Alexandre Pucci Hercos, leader of the fish biology group at Mamirauá. **"An extra degree may not seem like much, but it's a big difference."**

(In September), they collected more than 200 dead dolphins, including both resident species—about 15% of the lake's population—in the span of a few weeks.

Today, Lake Tefé has hundreds of species of fish. But if, as anticipated, the harmful conditions become more frequent, Hercos says, "some species **will migrate while others will become extinct.**"

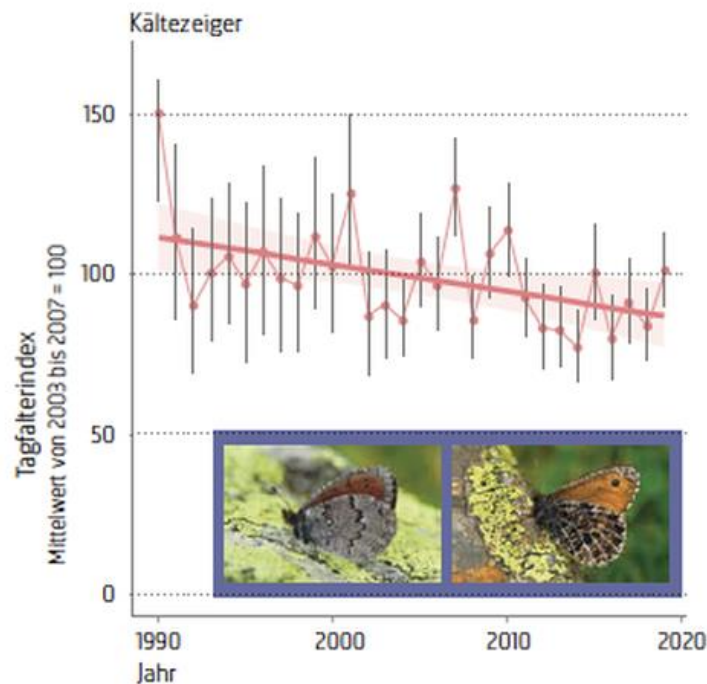
<https://www.science.org/content/article/amazon-river-may-altered-forever-climate-change>

<https://www.spiegel.de/ausland/brasilien-wie-der-klimawandel-das-leben-am-amazonas-veraendert-a-66f936b5-acdf-4224-955a-e0170330819a> 3.April 2024



➤ gut angepasst an hohe Temperaturen, haben zukünftig Vorteile!

Insekten:
„Wärmezeiger“
profitieren vom
Klimawandel;
„Kältezeiger“
verschwinden



Environmental factor “temperature”: animal’s aim:

→ reach a steady state (**stable inner environment**
= specific, optimal body temperature)
while adapting to **varying outer conditions**

..if your regulatory adaptations are not sufficient...:

Strategies: adaptation

regulation

Migration

Hibernation/Dormancy..

Hibernation/ Dormancy



Nightjar
(„Ziegenmelker“) or
Common Swift
(„Mauersegler“)

Torpor (Kältestarre) Aestivation (Sommerschlaf/Trockenschlaf)



Hibernation/ Dormancy

Torpor (Kältestarre)

Aestivation (Sommerschlaf/Trockenschlaf)

Dormancy (Winterruhe)

Hibernation (Winterschlaf)



Hibernation



Hibernation is rare...:

- Bats (Fledermäuse)
- Insectivores (Insektenfresser)
- Rodents (Nagetiere)
- Few primates (Primaten: loris, lemurs)

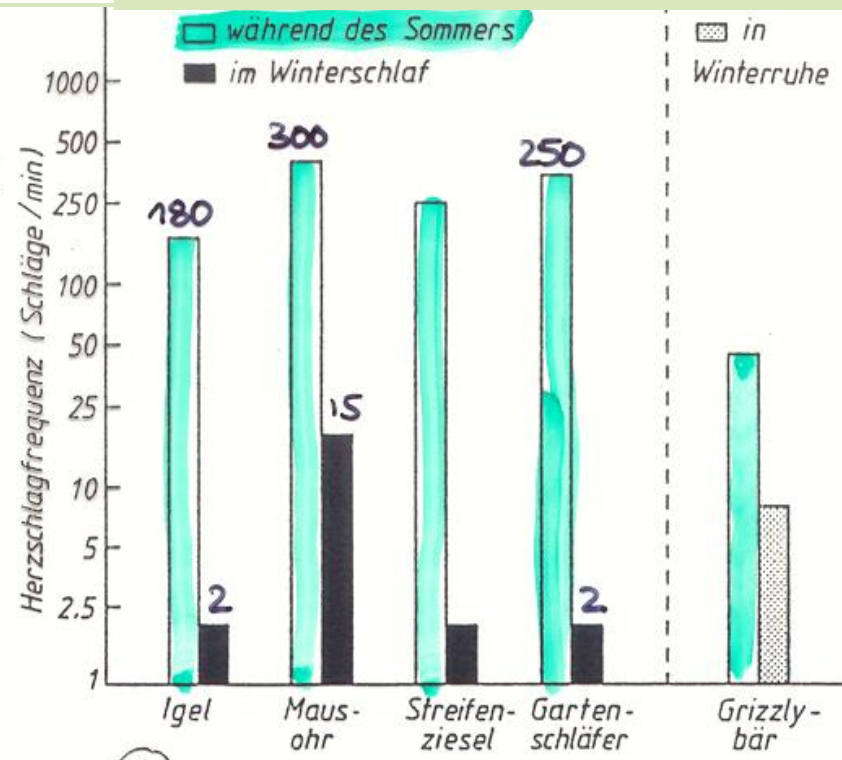
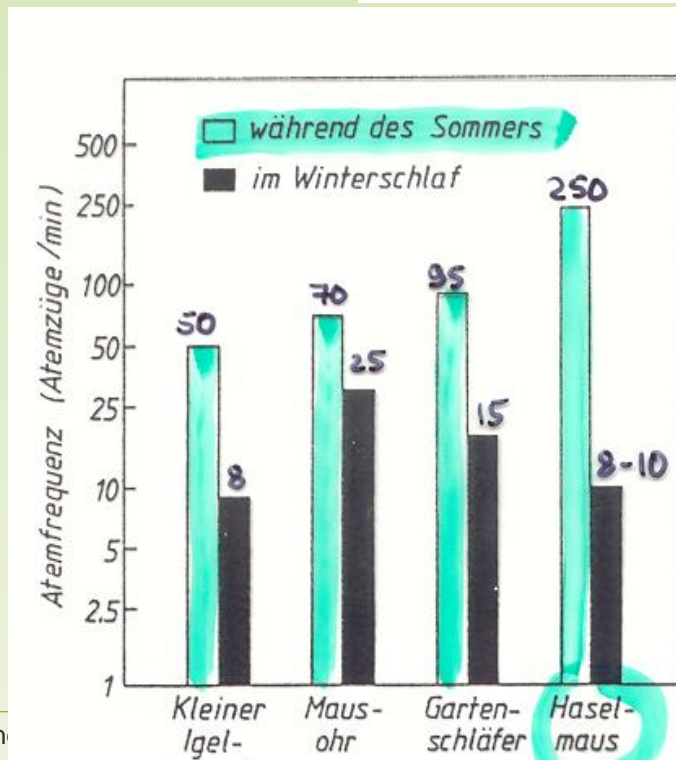
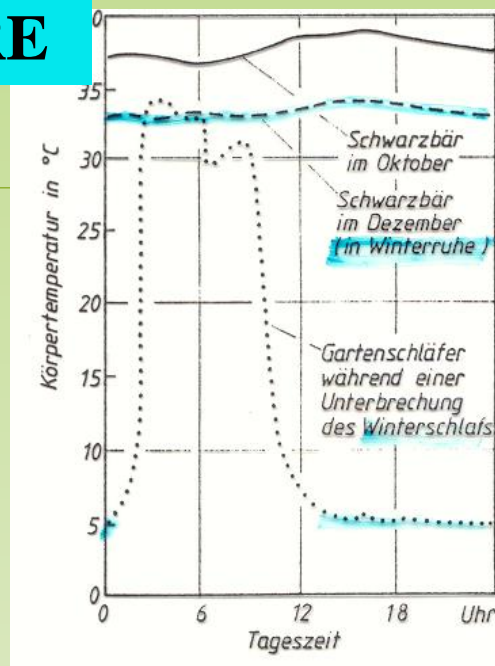


Factor TEMPERATURE

Comparison of metabolic activity

(dormant vs. hibernation):

Heart rate and breathing frequency



Forest factor LIGHT

Forest canopy creates a **mosaic** of different light intensities and light qualities on the forest floor!

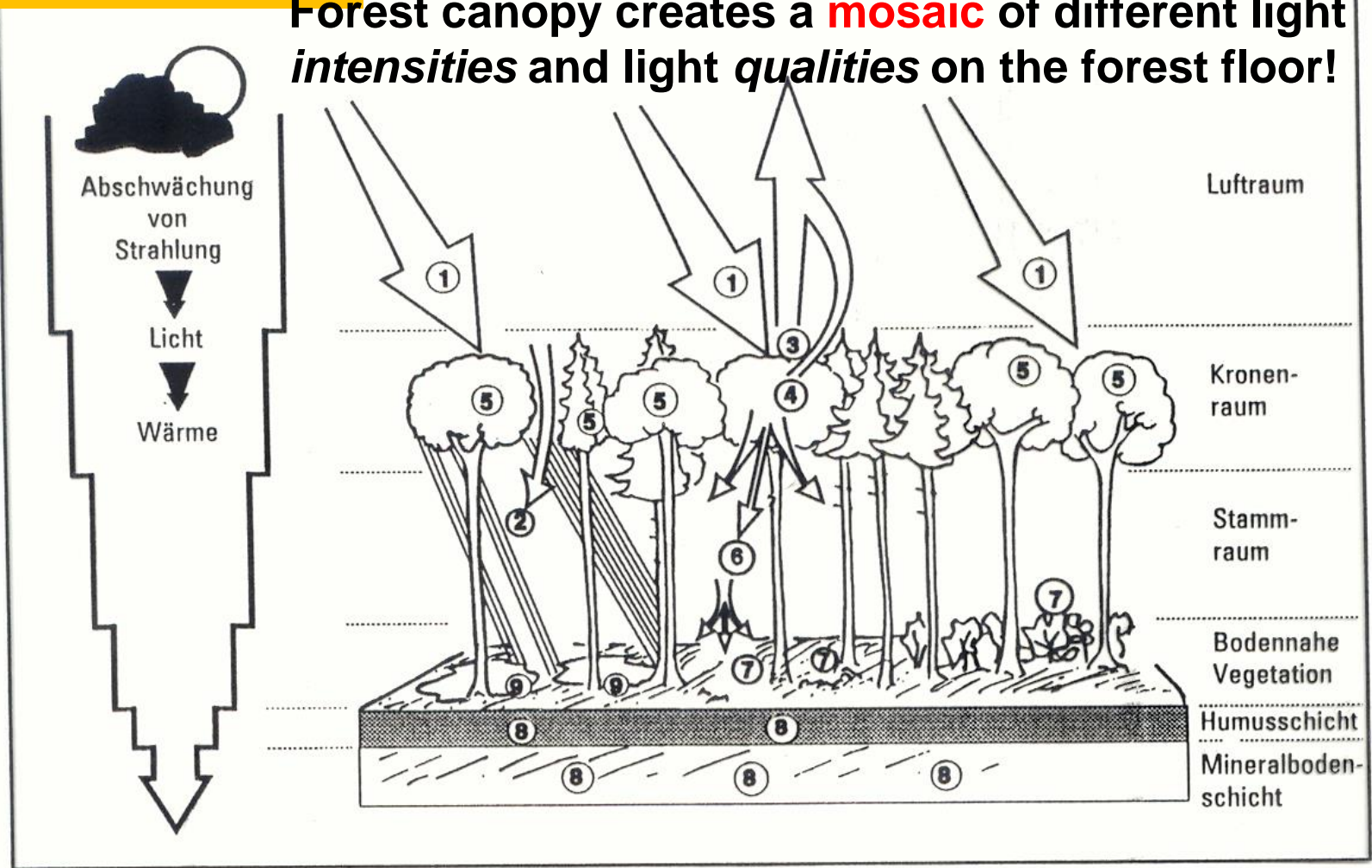


Abb. 3.15. Grundmuster des Wald-Strahlungshaushaltes.

1 = Auftreffende Strahlung, 2 = Durchtretende Strahlung (Sonnenflecken), 3 = Reflexion von Kronen- (Blatt-)Oberflächen, 4 = Diffuse Streu-Rückstrahlung aus dem Blattgewebe, 5 = Absorption (Photosynthese) und energetischer Umsatz, 6 = Transmission (Weitergabe nach unten), 7 = Umsatz (Reflexion, Absorption, Transmission) an bodennaher Vegetationsschicht und Bodenoberfläche, 8 = Umsatz (Reflexion, Absorption, Transmission) in Humusschicht und Mineralboden, 9 = Sonnenflecken.

Radiation profile in a highly structured, mixed stand of oak and pine (A) and an even-aged stand of pine (B):

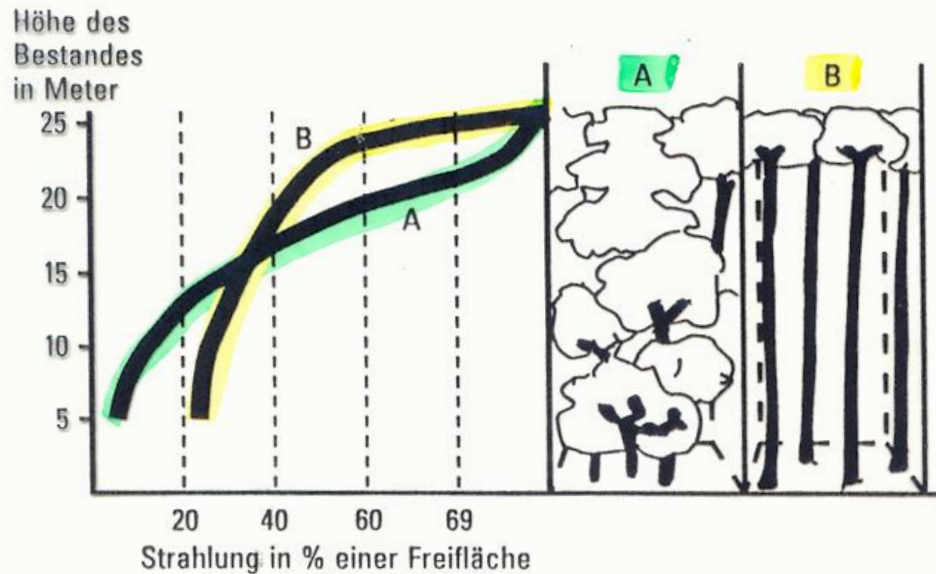


Abb. 3.18. Abfall der Strahlung in einem vertikal strukturierten Mischbestand aus Kiefer und Eiche (A) und einem Kiefernreinbestand (B) (nach Angaben bei MIRSCHERLICH 1975).

Anm.: Im vertikal locker angeordneten Mischbestand (A) mit oben offenem Kronendach erfolgt der Abfall der Strahlung gleichmäßig, ohne abrupten Wechsel. Da aber auch der Unterstand Strahlung absorbiert, kommen am Waldboden geringe Strahlungsmengen an. Im geschlossenen Kronendach des Reinbestandes (B) ist der Strahlungseintrag im oberen Kronendrittel hoch. Die Strahlung reißt unter dem Kronendach abrupt ab, erreicht aber in Bodennähe noch etwa 20 % der Außenstrahlung.

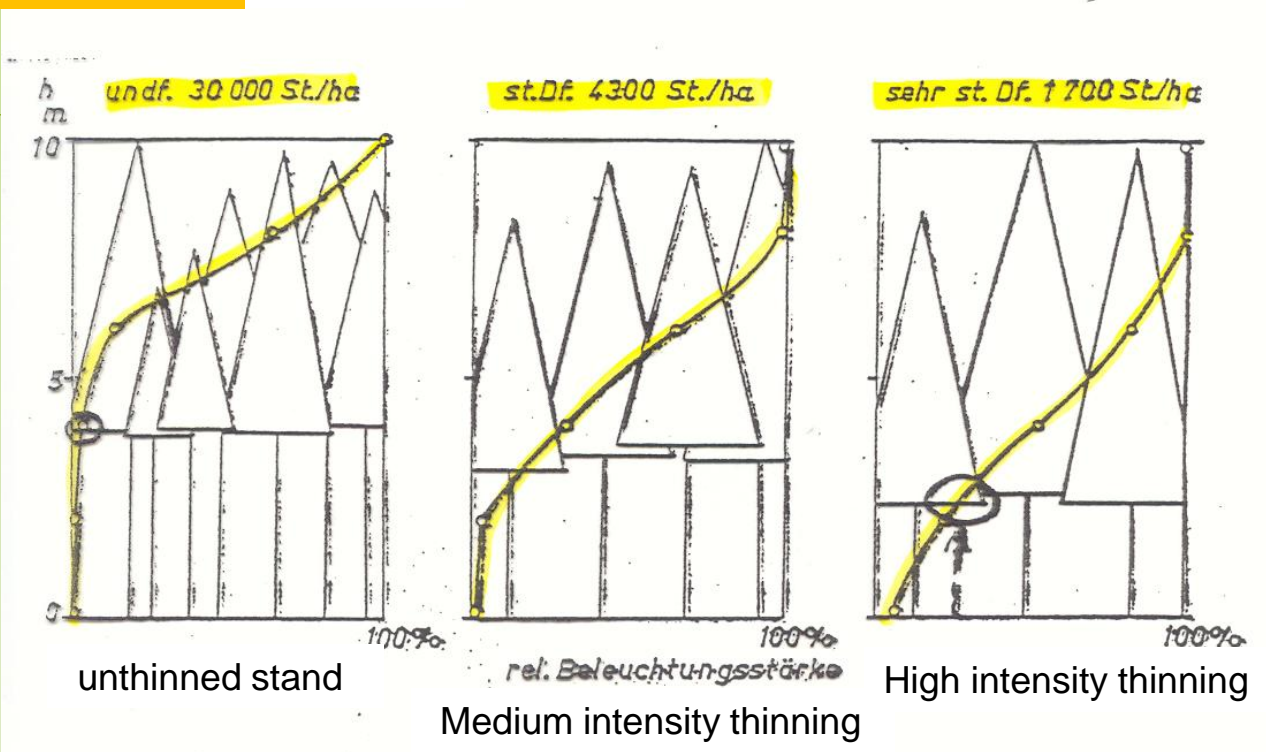
Forest factor LIGHT

Percentage of light reaching the forest floor
(stands of different tree species):

	winter	summer
	(%)	(%)
Buche	26–66	2–40
Eiche	43–69	3–35
Esche	39–80	8–60
Birke	ohne Angabe	20–30
Trop. Regenwälder	0,2–2,0	
Kiefer		11–13
Fichte		2– 3
Tanne		2–20

→ Light availability affects the **species composition** and **regeneration** of forest ecosystems!

Possible influence of a forester:
Thinning!
(„Durchforsten“)



Radiation in spruce stands with different thinning intensities:

Light intensity increases from forest floor to canopy;

In stands with **intensive thinning** light intensity in the stand is higher and closer to the forest floor, despite the larger canopy areas of the trees.

Temperature profile of an oak stand in annual seasons:

A: May 12th, before leafs occur

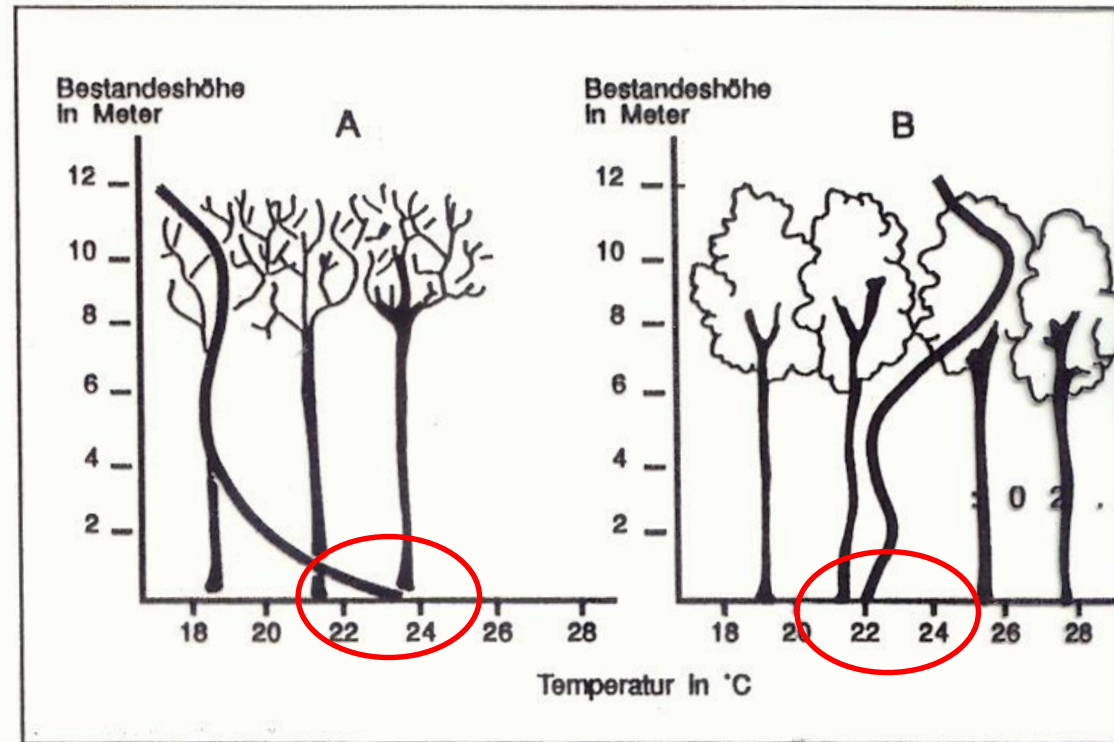
Temperature in canopy: 17.5 C,

Temperature on soil: 24.0 C

B: July 1st, leafs present

Temperature in canopy: 24.5 C

Temperature on soil: 22 C

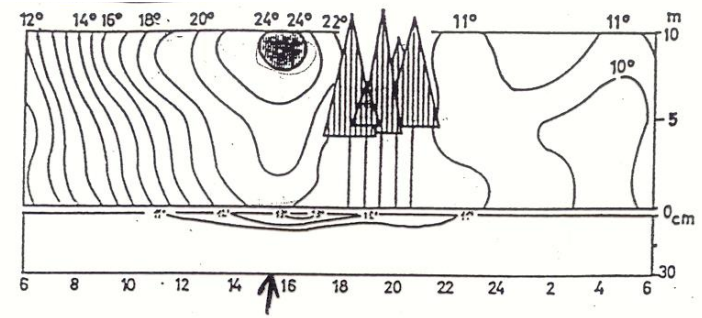


→ Forest stand keeps the surface/soil temperature in the **optimum range** for soil organisms and for nutrient **recycling**

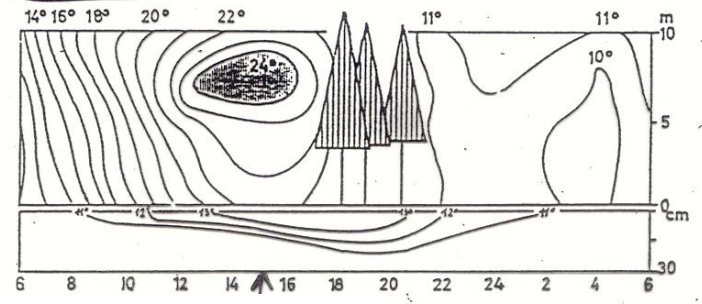
Forest factor TEMPERATURE

Possible influence of a forester:
Thinning!
(„Durchforsten“)

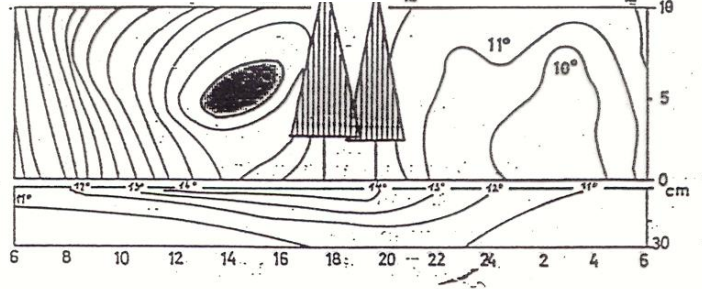
unthinned stand



Medium intensity thinning



High intensity thinning



Temperature profile (air and soil temp.) in spruce stands with different thinning treatments
(July 24th 6.00 a.m. to July 25th 6.00 a.m.)

-> **Soil warms up much faster in thinned stands**

29. März 2022

Um herauszufinden, wie Waldboden auf eine Erwärmung reagiert, haben österreichische und deutsche Forschende in einem Tiroler Bergwald (**Fichte/Buche** Mischbestand) ein Experiment angelegt:

Seit **15 Jahren** wird eine bestimmte **Fläche um vier Grad Celsius erwärmt**. Nun berichtet das Forschungsteam im Fachjournal "Global Change Biology" von einer bemerkenswerten Folge:

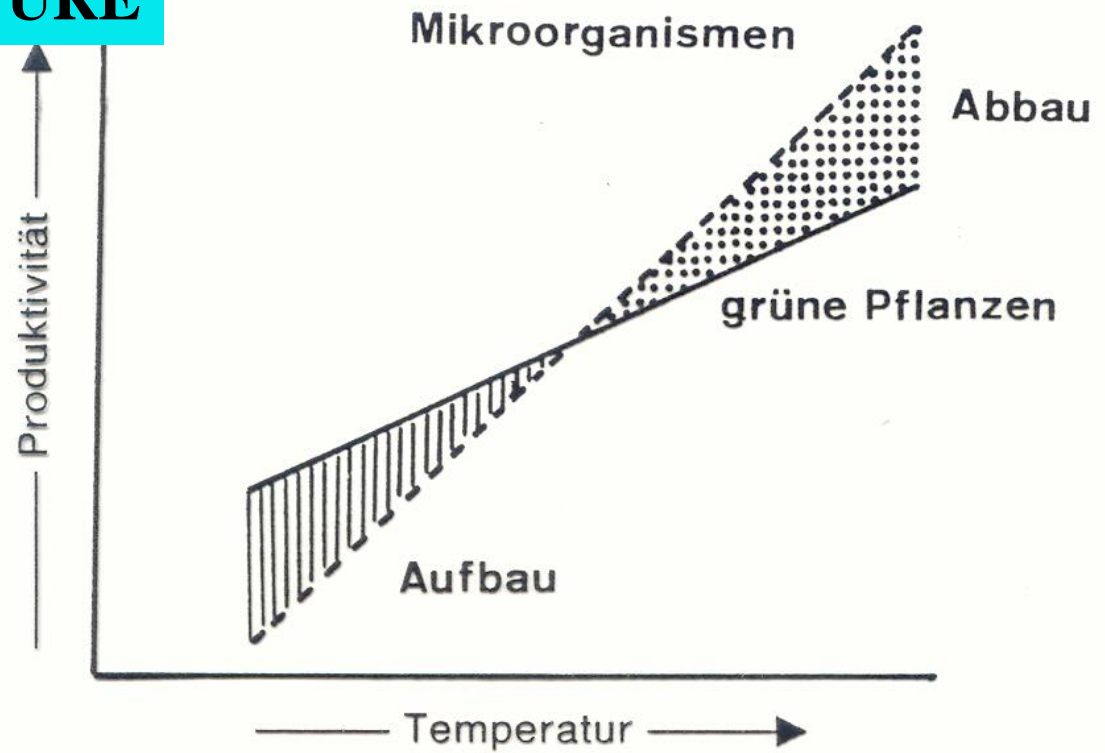
Steigen die Temperaturen, dann bilden die Pflanzen im Wald **verstärkt Feinwurzeln** aus (Verdopplung in 14 Jahren!). Und auch die Besiedelung der Wurzeln mit Pilzen veränderte sich beim direkten Vergleich mit nicht erwärmten Flächen. Dabei treten vermehrt **trockenresistente Mykorrhizapilze** auf.

Die verstärkte Wurzelbildung kann dabei vermutlich die Kohlenstoff-Freisetzung kompensieren, die durch eine Erwärmung des Bodens und die verstärkte Aktivität der Destruenten verursacht wird.

Long-term soil warming alters fine root dynamics and morphology, and their ectomycorrhizal fungal community in a temperate forest soil Kengdo et al. 2022, <https://doi.org/10.1111/gcb.16155>

Forest factor TEMPERATURE

Reaction of **producers vs. consumers** towards the factor „temperature“ differs.. This results in differences **on a global scale:**



Plant productivity / **photosynthesis is a physico-chemical process** and less temperature dependant than animal metabolism

→ This results in high decomposer activity in tropical countries and low activity of decomposers in cold areas.

→ As the plant productivity is less dependant on the temperature, production is relatively high even in low temperatures → thick humus layers are generated in northern latitudes, while in rain forests this layer is very thin (because decomposer activity is relatively higher than plant production).

..this has consequences for the atmospheric CO_2 -Concentration:

Die Tropen geben im Zuge der Erwärmung mehr an CO_2 durch Atmung ab, im Norden steigt die Pflanzenproduktion – was das im Summe bedeutet, ist noch Gegenstand von Forschungen.

Dass sich die Bilanz nicht zum Besseren verändern wird, legt zumindest eine biochemische Daumenregel nahe:

Durch ein Temperaturplus wird normalerweise die Atmung (= CO_2 Abgabe) stärker angekurbelt als die Photosynthese (= CO_2 Aufnahme).

<https://science.orf.at/stories/3224221/>

van Westen *et al.*, *Sci. Adv.* **10**, eadk1189 (2024)