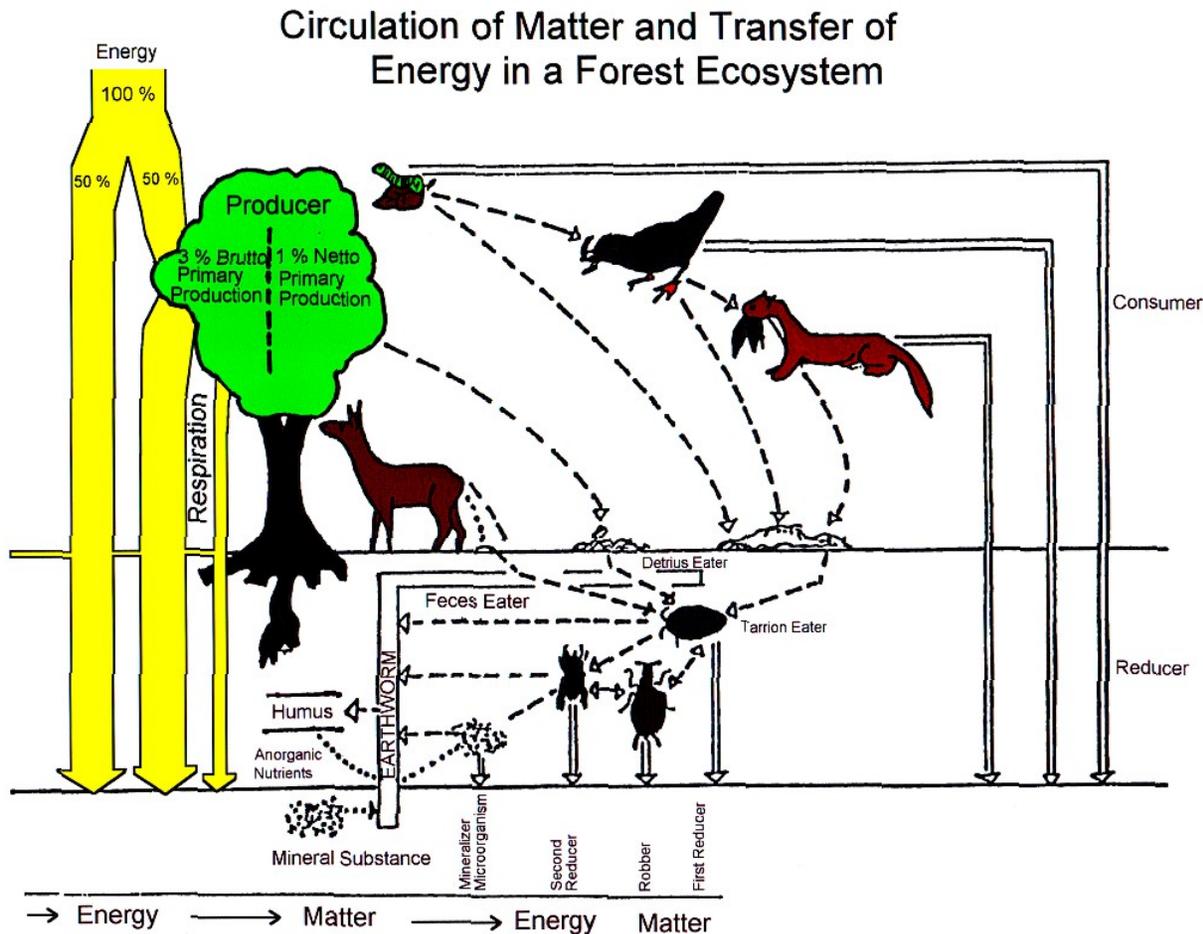


Ökologie I

3SWS, 4,5 ECTS

Professoren Gzik, Wallschläger, Jeltsch, Gaedke



Ökologie, Teil 1: Autökologie

1. Einleitung

1.1. Definitionen

1.2. Umweltfaktoren

1.3. Ökosysteme

1.4. Geschichte der Ökologie

1.5. Ziele und Aufgaben der Ökologie

1.6. Literatur

2. Theorie der Autökologie

2.1. Wechselwirkungen Organismen –Umwelt

2.2. Essentielle Ressourcen

2.3. Anpassungsstrategien

2.4. Entstehung neuer Arten

2.5. Biozönosen

2.5.1. Begriffe/Definitionen

2.5.2. Artenspektren der Biozönosen

2.5.3. Biozönotische Grundprinzipien

2.5.4. Kenngrößen für Biozönosen

2.6. Ökosysteme

3. Abiotische Standortfaktoren

3.1. Strahlung

3.2. Wasser

3.3. CO₂, Mineralstoffe

3.4. Sauerstoff

3.5. Feuer

3.6. Salz

3.7. Jahresperiodische Einflüsse

3.8. Wechselwirkungen mit anderen Faktoren

3.9. Stoff- und Energiekreisläufe

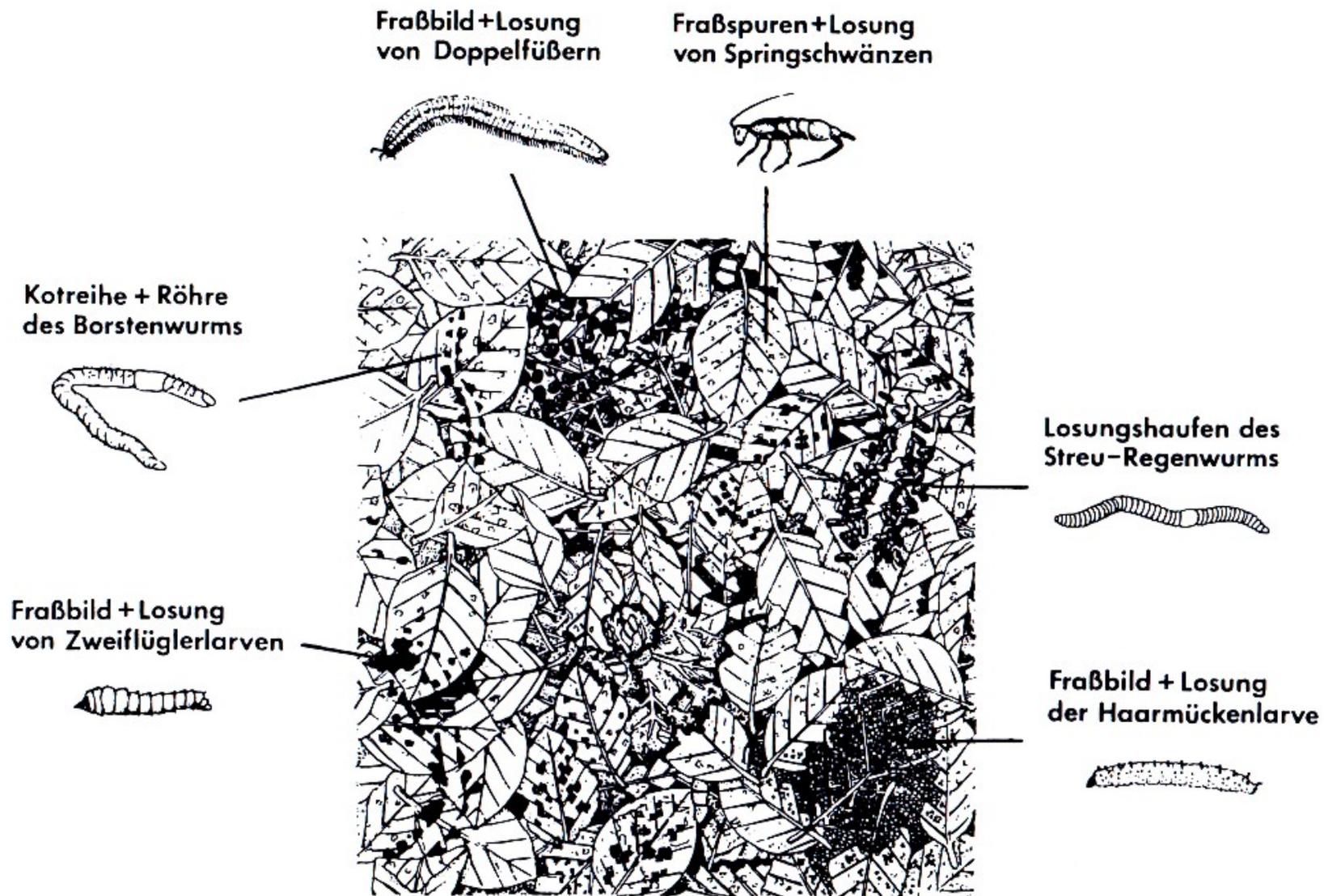


Abb. 82: Aufsicht auf eine Buchenblattlage aus der Streuschicht mit Fraßbildern und Kotspuren der dort wirkenden Tiere (verändert nach ZACHARIAE, 1965)

Ökologie: oikos (grie) Haushalt, logos Lehre

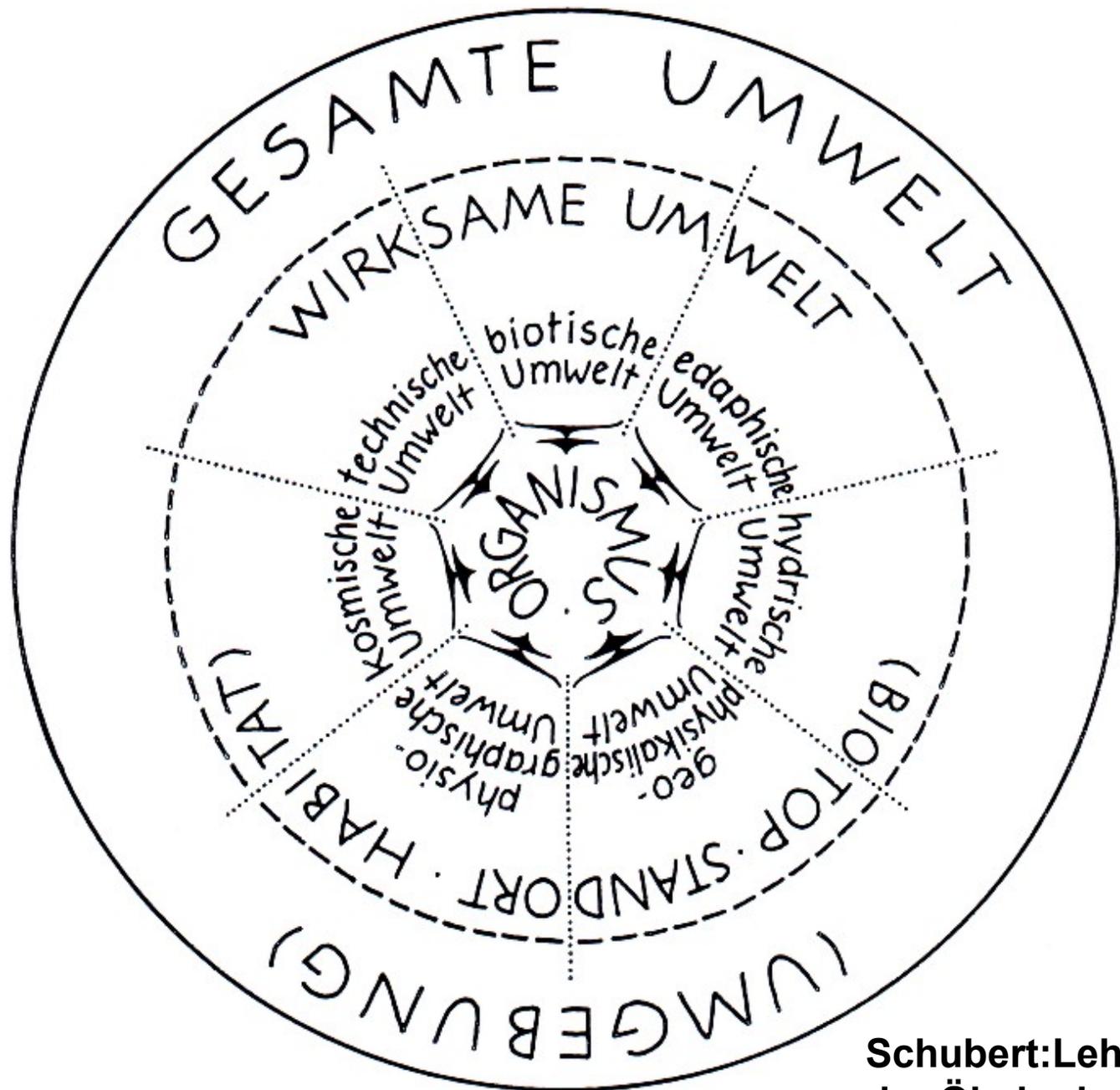
- **Lehre (Wissenschaft) vom Haushalt der Natur (frei nach HAECKEL)**
- **Wissenschaft vom Stoff- und Energiehaushalt der Biosphäre und ihren UE (z.B. Ökosysteme)**
- **Wissenschaft von Wechselwirkungen und Wechselbeziehungen der Organismen untereinander und zur unbelebten Umwelt**
- **KREBS 1972: „Ökologie ist die wissenschaftliche Untersuchung jener Wechselwirkungen, welche die Verbreitung und Häufigkeit von Organismen bestimmen.“**

Biotop:

**Lebensraum einer Lebensgemeinschaft
artverschiedener Organismen**

Ökosystem:

**biologisches System, das geprägt ist von Struktur- und
Funktionsbeziehungen zwischen den Organismen und
zu ihrer Umwelt**



Umweltfaktoren

kosmische Umwelt: Licht, Wärmestrahlung, kosmische Strahlung, kosmischer Staub, Ebbe und Flut

edaphische Umwelt: Bodenart, Bodentyp, Humusgehalt, Kalkgehalt

hydrische Umwelt: Wasser, Wasserdampf, Eis, Schnee, Tau, Regen

geophysik. Umwelt: Schwerkraft, Magnetfeld, Luftströmungen

physiographische Umwelt: Gestalt der Erdoberfläche: Flachland, Gebirge, Nordhang, Südhang, Uferhänge, Sanddünen

biozönot. Umwelt: (= biotische Umwelt): Organismen des Biotops: Tiere, Pflanzen, Pilze, Mikroorganismen

Umweltfaktoren

technische Umwelt = *anthropogene Umwelt* (durch Aktivitäten des Menschen geprägte Umwelt) :

- Siedlungen, Kirchen, Fabriken,
- Straßen und Autobahnen, Eisenbahnstrecken,
- Fluss“regulierung“,
- Hochspannungsleitungen,
- Trockenlegung von Sümpfen, Mooren und Feuchtgebieten,
- Waldrodung,
- Mahd, Flächenbewirtschaftung,
- Emissionen (FC KW, PAK, PCB, anthropogene Treibhausgase, eutrophierende Stoffe)
- **aktuell**: Klimawandel, Feinstäube, Rußpartikel

Mensch-Biogeocoenose-Komplex und Hauptarbeitsgebiete einiger Teildisziplinen der Ökologie

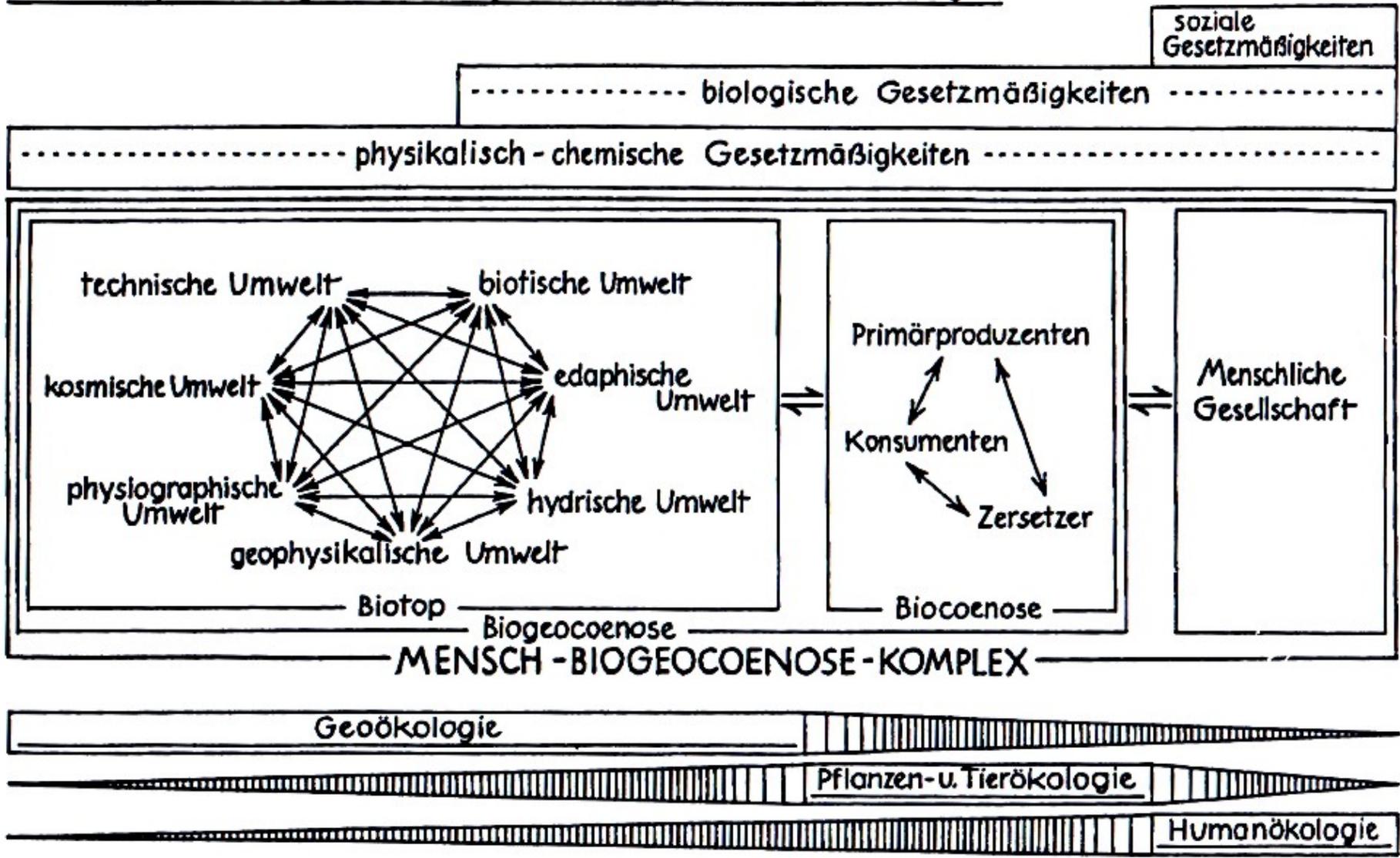
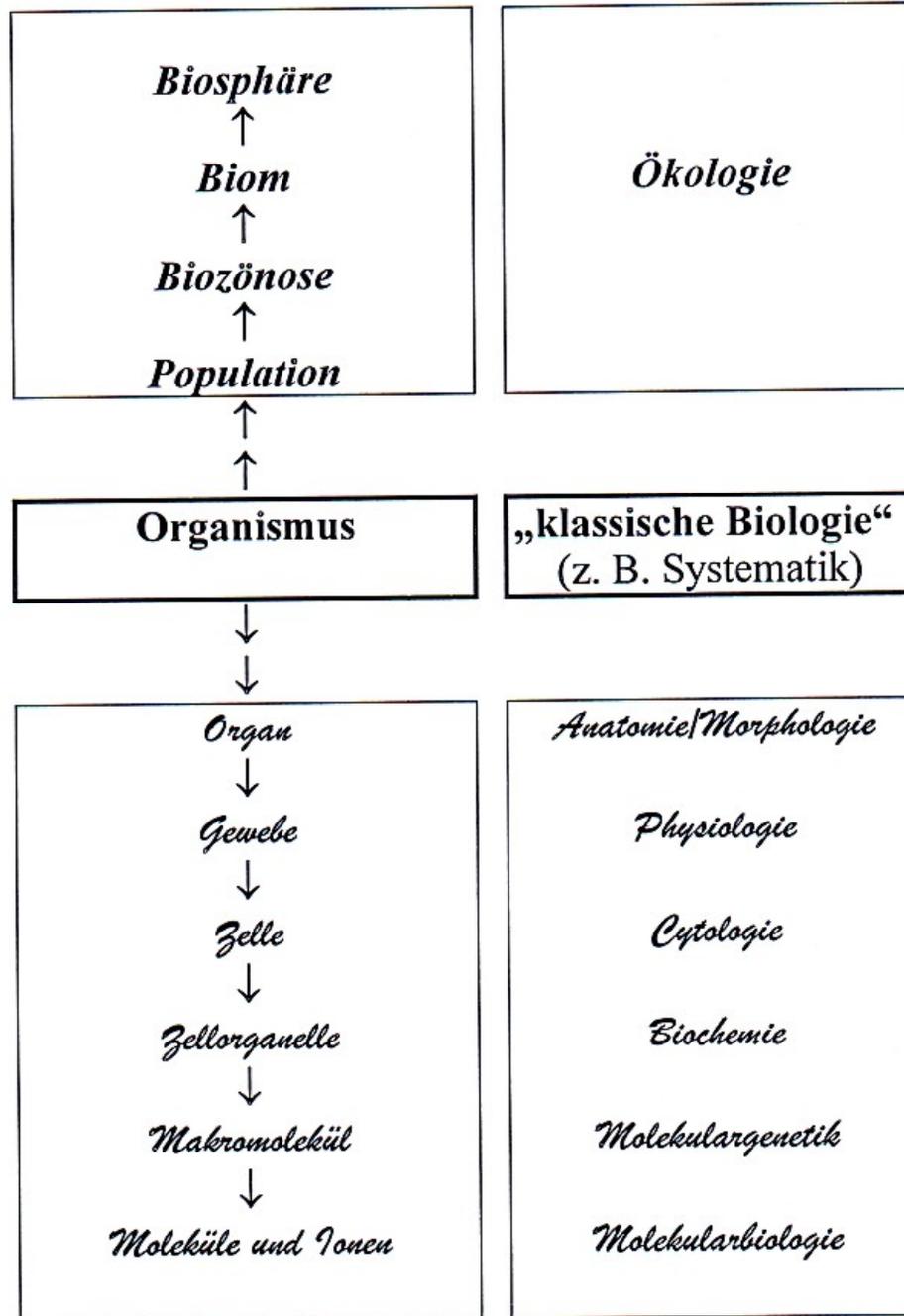


Abb. 1.4. Die Wechselbeziehungen zwischen Mensch, Biocoenose und Biotop.



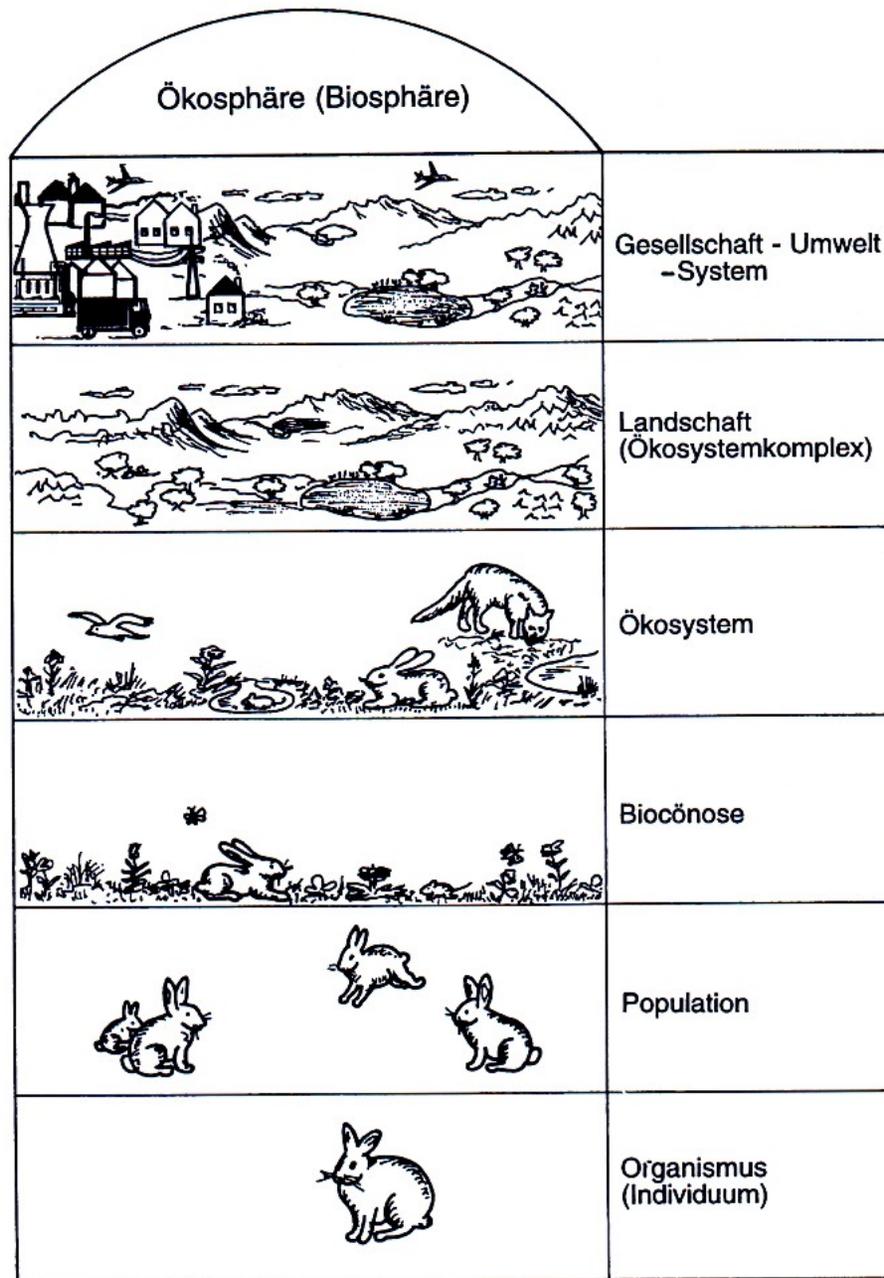


Abb. 1.1. Arbeitsbereiche der Ökologie und Stufenfolge der Organisationsebenen.

weitere Definitionen:

→ Population:

Gesamtheit der Individuen einer Art, die einen bestimmten Lebensraum (Biotop) gemeinsam bewohnen und miteinander über mehrere Generationen genetisch eng verbunden sind, z. B. alle Grasfrösche eines Teiches.

→ Biozönose:

Lebensgemeinschaft verschiedener Organismengruppen und -arten (Tiere, Pflanzen, Pilze, Mikroorganismen) in einem bestimmten Lebensraum (Biotop)

→ Biom:

Makrosystem, bestehend aus „ähnlichen“ Biozönosen einer „Bioregion“ mit weitgehend ähnlicher „wirksamer“ Umwelt

→ Biosphäre:

Gesamtheit der von Organismen bewohnten Räume der Erde, also der Atmosphäre, der Hydrosphäre und der Lithosphäre.

Literatur

1. BEGON, M. u.a.: Ökologie. Birkhäuser Verlag, Basel
2. KÜSTER, H: Das ist Ökologie. 2005
3. BICK, H: Ökologie. Fischer Verlag Stuttgart
4. LERCH, G.: Pflanzenökologie. Akademie Verlag Berlin
5. ODUM, E.: Grundlagen der Ökologie. Thieme Verlag Stuttgart
6. REMMERT , H.: Ökologie. Springer Verlag Berlin
7. SCHAEFER, M. & TISCHLER, W.: Ökologie. Wörterbücher der Biologie. Fischer Verlag Stuttgart
8. SCHUBERT, R.: Lehrbuch der Ökologie. Fischer Verlag Jena
9. SCHULZE, E.-D.: In: Biologie in unserer Zeit 5: 273-276
10. STEUBING, L., BUCHWALD, K., BRAUN, E.: Natur- und Umweltschutz -Ökologische Grundlagen, Methoden, Umsetzung-. Fischer Verlag Jena Stuttgart
11. TISCHLER, W.: Einführung in die Ökologie. Fischer Verlag Stuttgart
12. WILSON, E. O.: Ecology, Evolution, and Population Biology. Freeman, San Francisco

Wasserpotentialgefälle

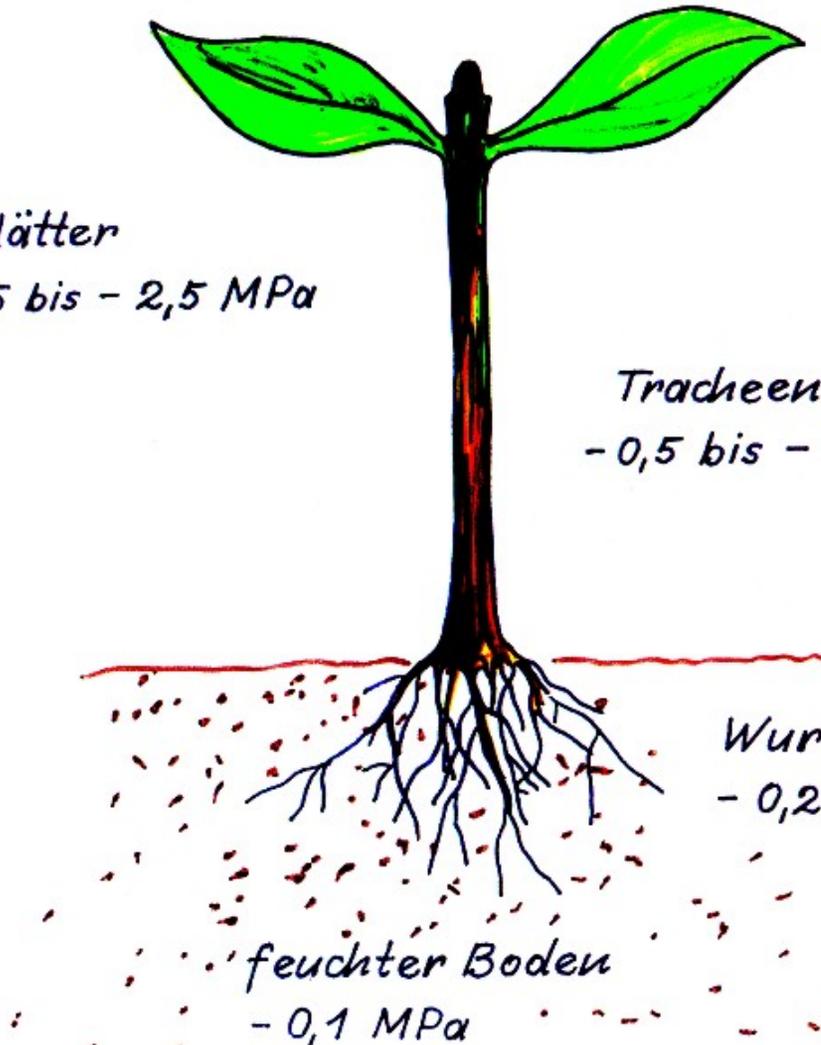
Luft (50% relative Luftfeuchtigkeit)
- 94 MPa

Blätter
- 0,5 bis - 2,5 MPa

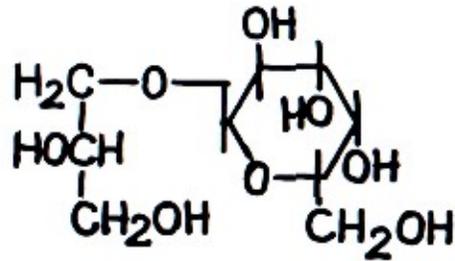
Tracheensaft
- 0,5 bis - 1,5 MPa

Wurzeln
- 0,2 bis - 0,4 MPa

feuchter Boden
- 0,1 MPa

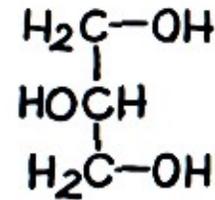


Raffinose

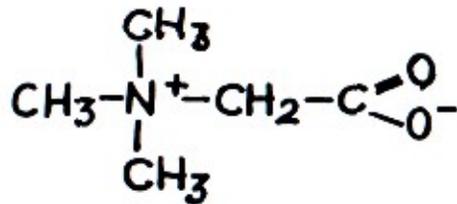


α - Galactosylglycerol

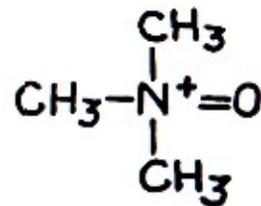
Saccharose



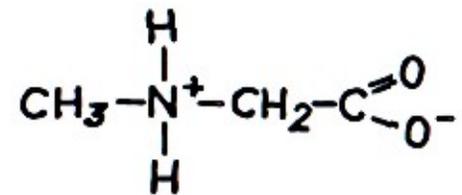
Glycerol



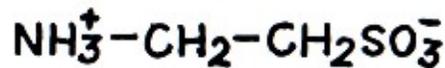
Betain



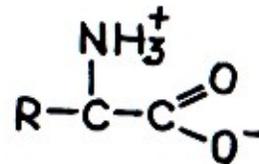
Trimethylamin-N-oxid



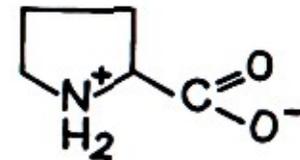
Sarkosin



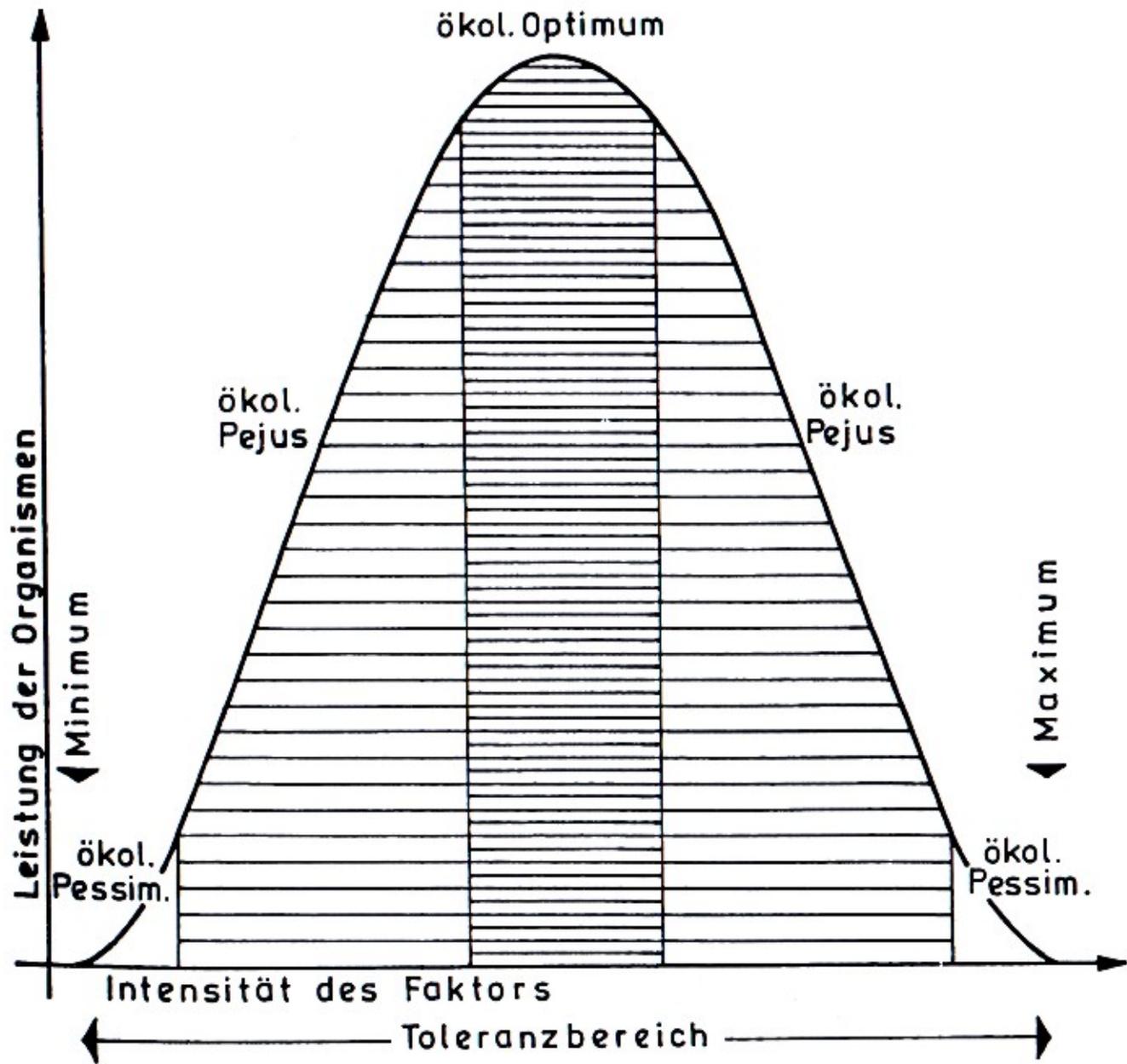
Taurin

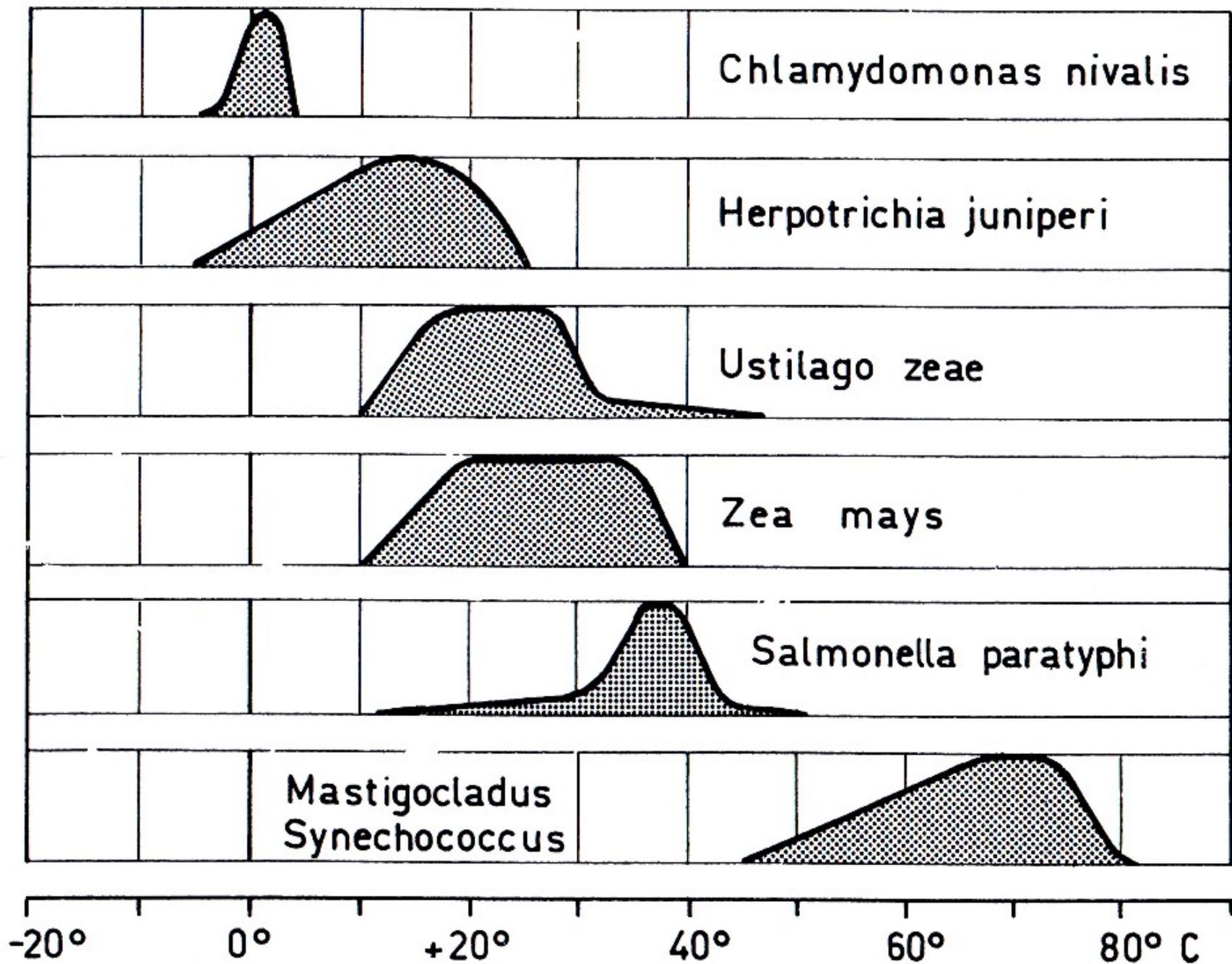


Aminosäuren



Prolin





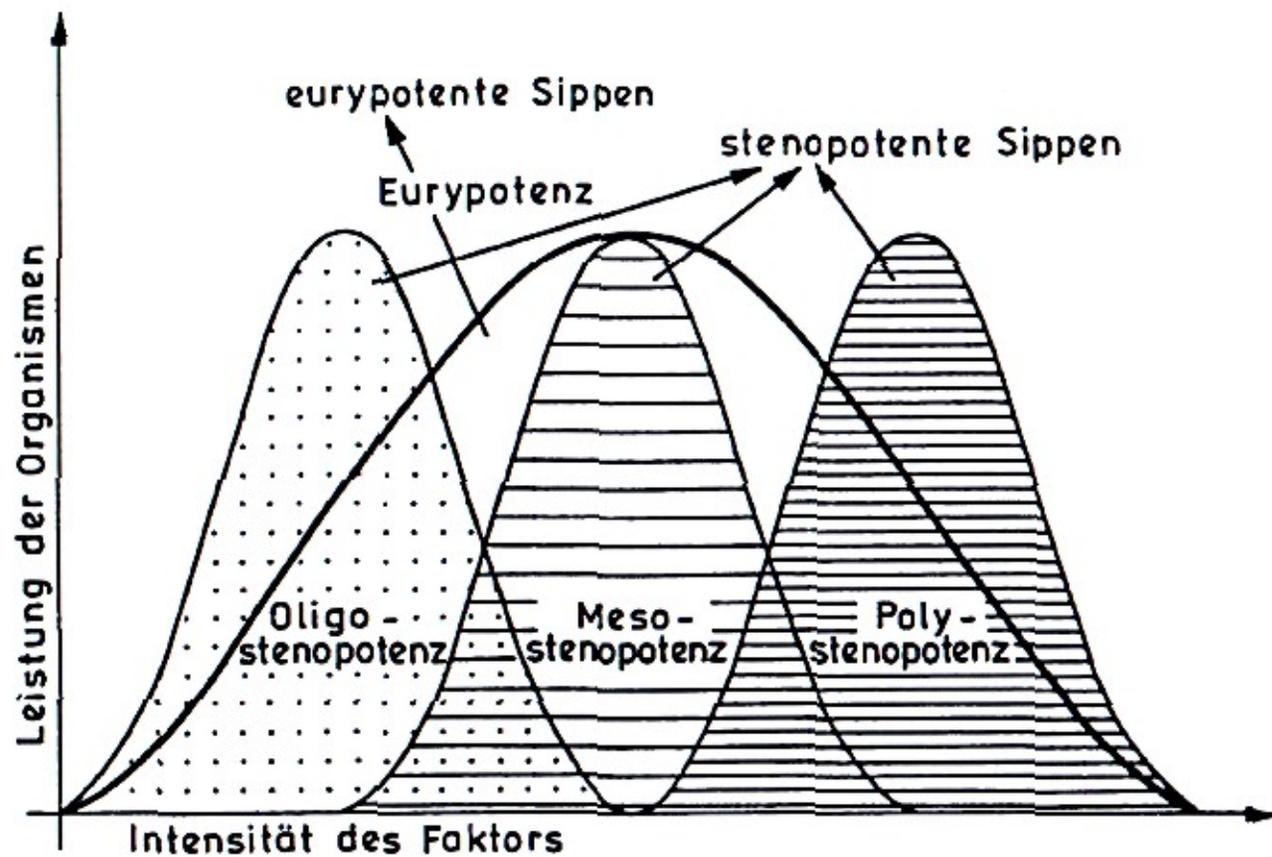


Abb. 2.2. Ökologische Potenzbereiche von Organismen. In Anlehnung an SCHWERDTFEGER 1978.

ökologische Potenz:

-Reaktionsbreite einer Art gegenüber einem bestimmten Umweltfaktor

-euryöke Organismen

-stenöke organismen

-oligo-, meso-, polystenöke Organismen

Beispiele:

➤ **eurytherme Organismen**

➤ **kalt-stenotherme Organismen**

➤ **warm-stenotherme Organismen**

➤ **oligostenohaline Fische**

➤ **polythenohaline Fische**

➤ **euryhaline Fische**

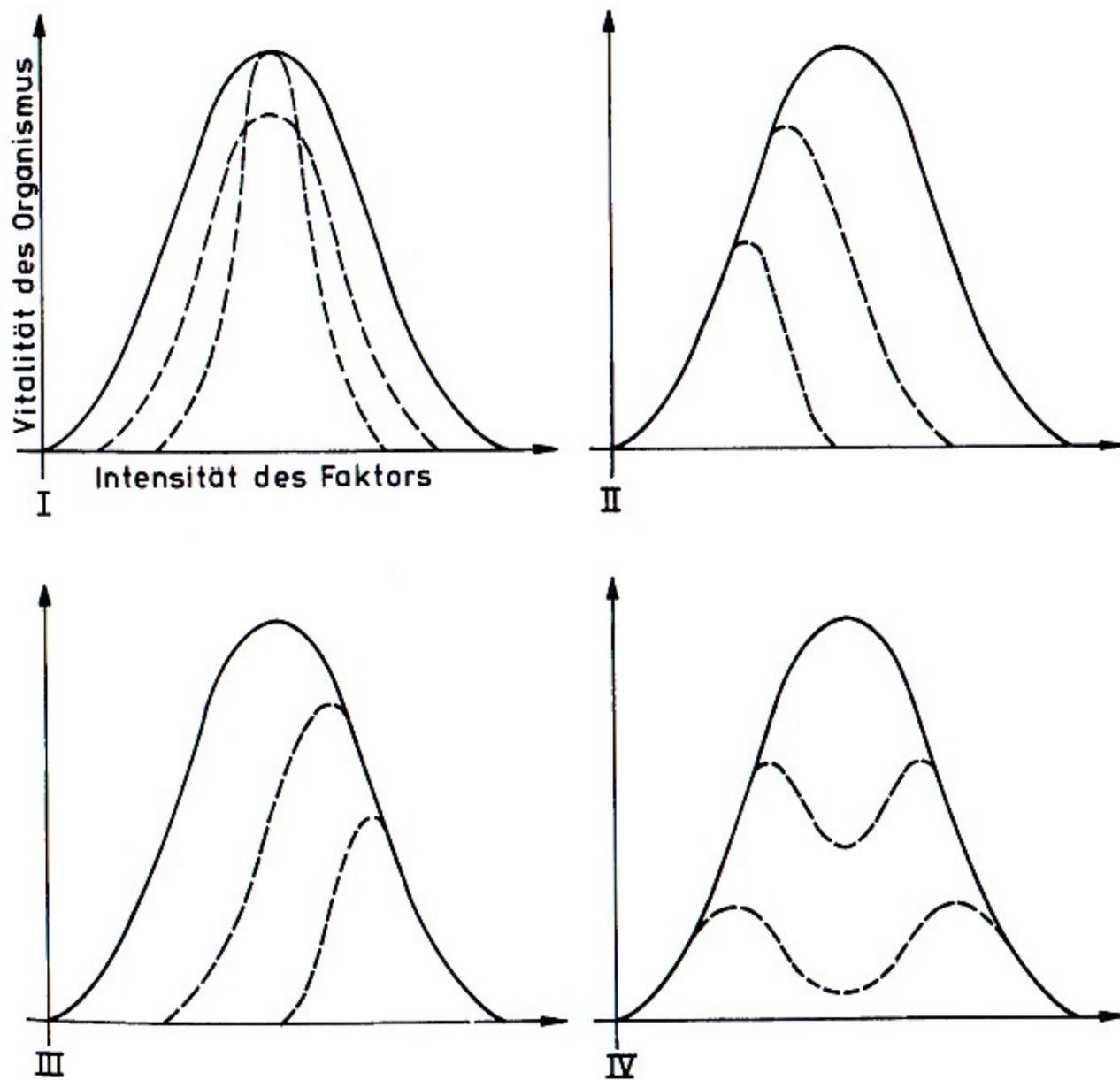
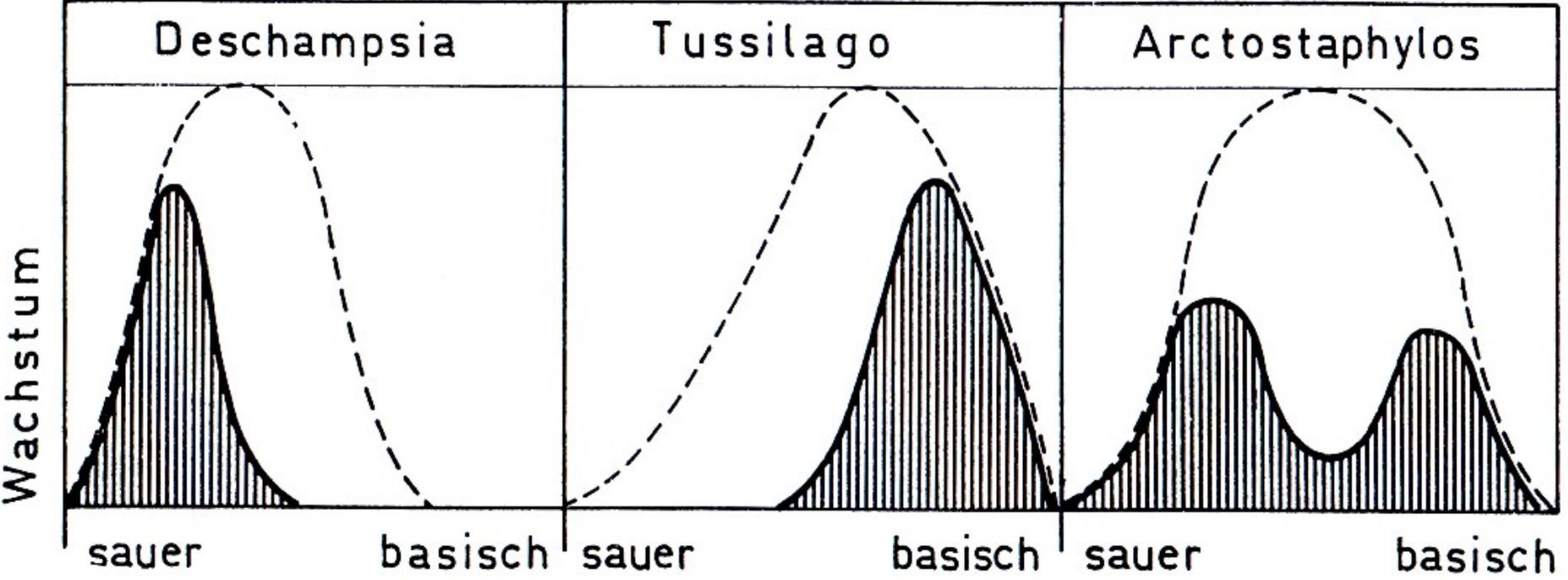


Abb. 2.4. Typen der ökologischen Präsenz (---) im Vergleich zur physiologisch potentiellen Toleranz (—). In Anlehnung an WALTER 1979.



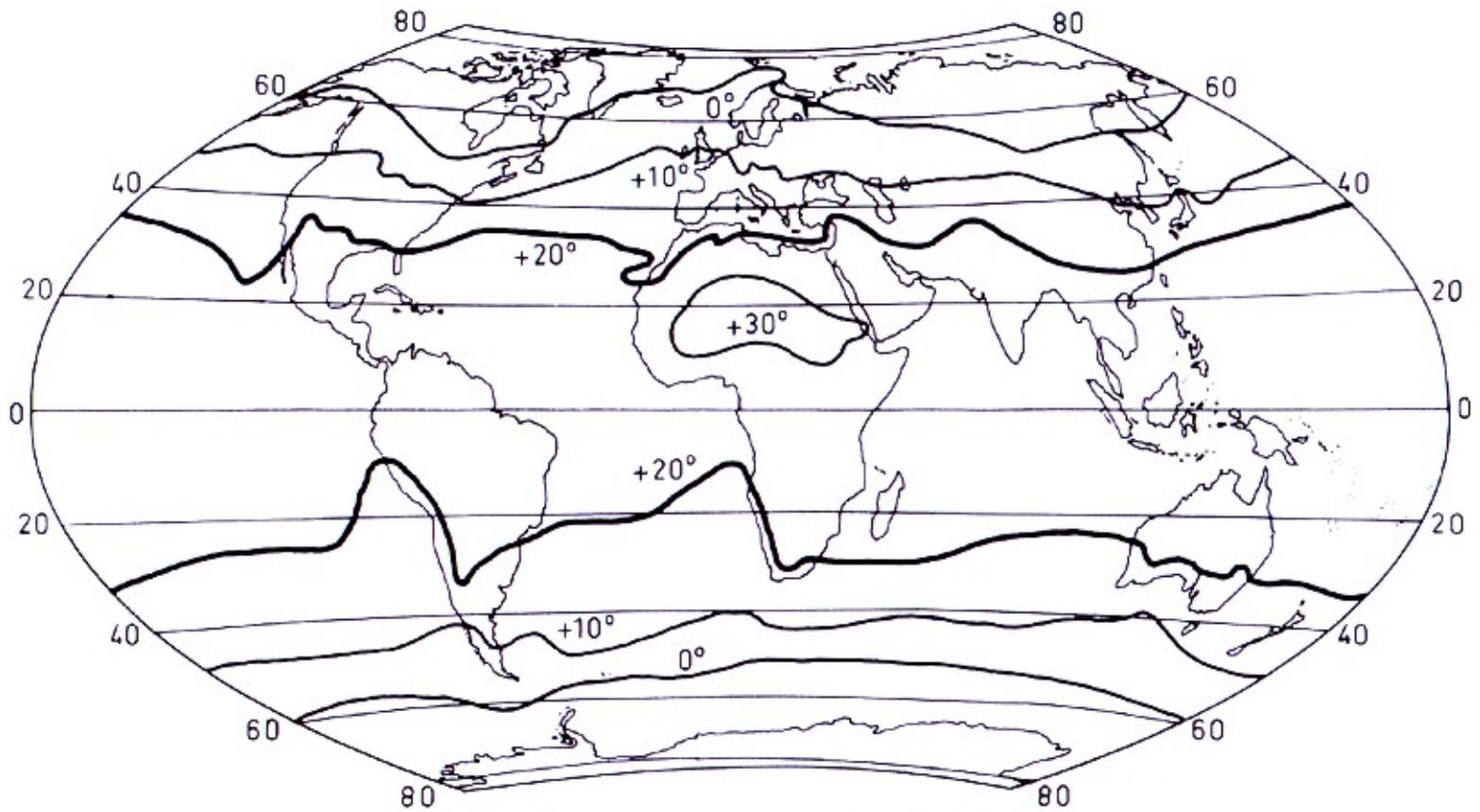
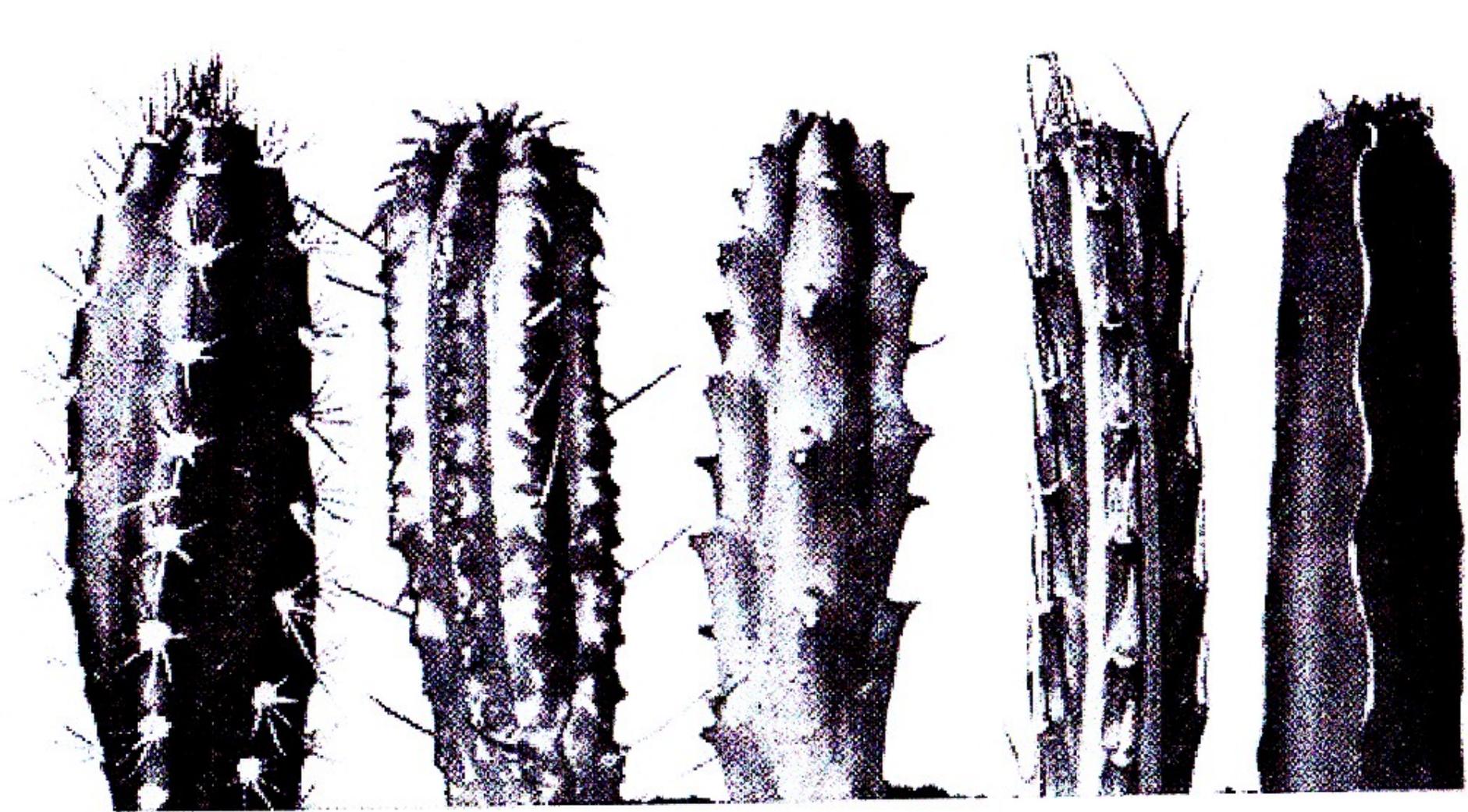


Abb. 2.3: Temperaturzonen der Erde, vereinfacht dargestellt durch Jahresisothermen (Linien gleicher mittlerer Jahrestemperatur).



A

B

C

D

E

A *Cereus iquiquensis* (Cactaceae)

D *Kleinia stapeliiformis* (Asteraceae)

B *Euphorbia fimbriata* (Euphorbiaceae)

E *Cissus cactiformis* (Vitaceae)

C *Huernia verekeri* (Asclepiadaceae)

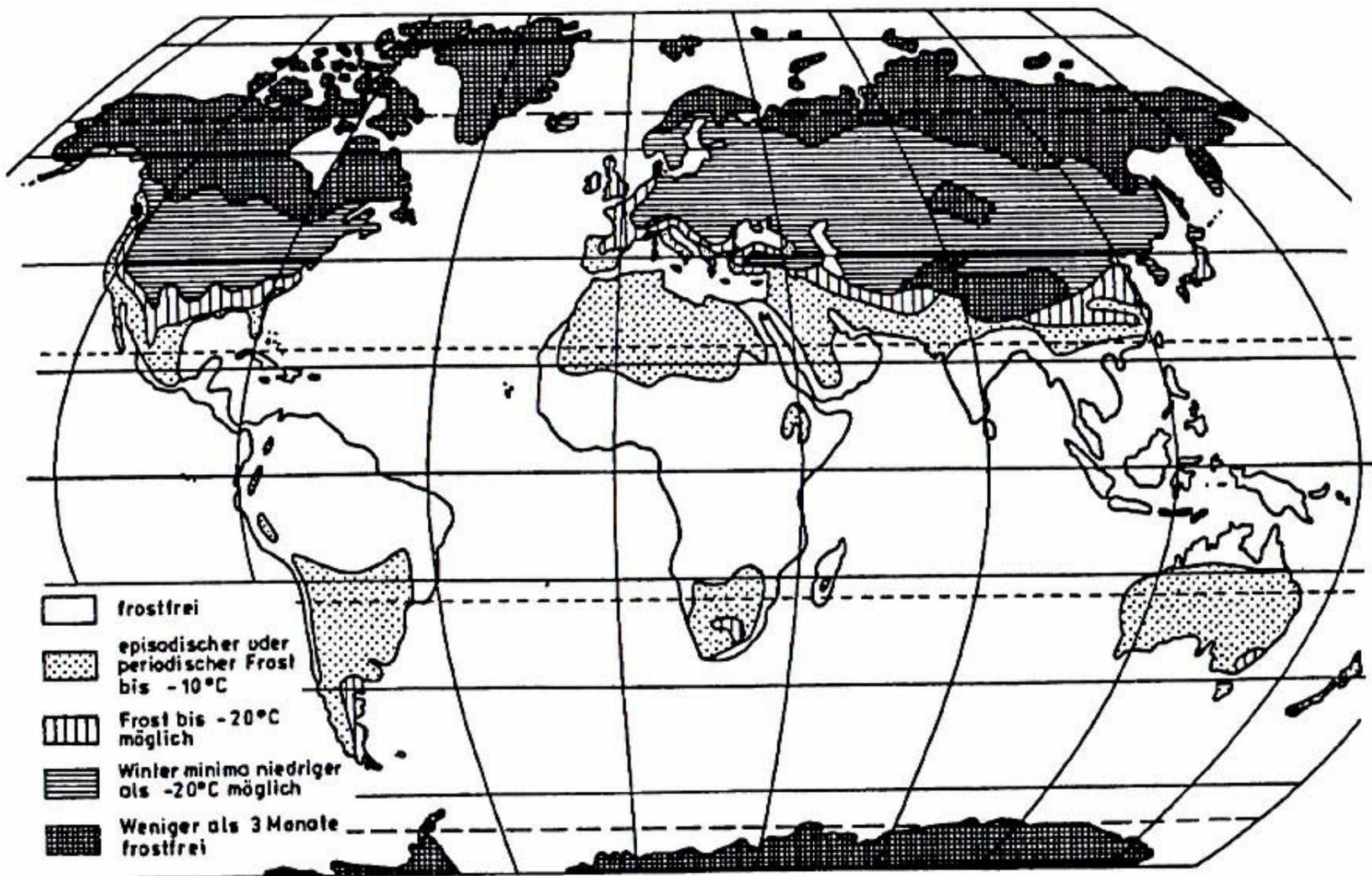
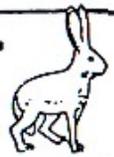
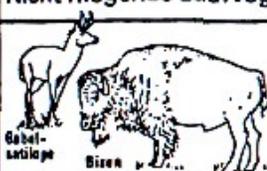
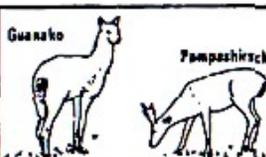
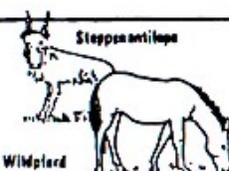
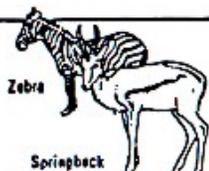
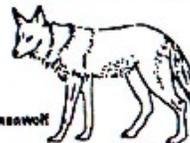
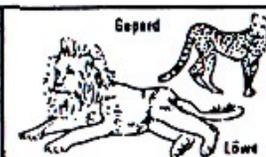
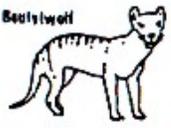


Abb. 2.12. Frosthäufigkeitsverteilung auf der Erde. Nach LARCHER 1980, verändert.

NORDAMERIKA	SÜDAMERIKA	ASIEN	AFRIKA	AUSTRALIEN
Erdhase 		Wüstenspringmaus Hase 	Springhase 	Känguru 
Springende Pflanzenfresser				
Bäckenhörnchen Präriehund 	Mara Meerschweinchen 	Namster 	Bäckenhörnchen 	Wombat 
Grabende Säuger, die draußen Futter suchen				
Taschenratze 	Tukotuka 	Maulwurfsratze Maulwurf 	Goldmull 	Restmull 
Grabende Säuger, die sich unterirdisch ernähren				
	Nandu oder Pampasstrauß 		Strauß 	Emu 
Nicht fliegende Laufvögel				
Gabelantelope Bison 	Guanako Pampashirsch 	Steppenantilope Wildpferd 	Zebra Springbock 	
Laufende Pflanzenfresser				
Kojote 	Mähnenwolf 	Panlaskatze oder Manul 	Gepard Löwe 	Beutlwolf 
Laufende Raubtiere				

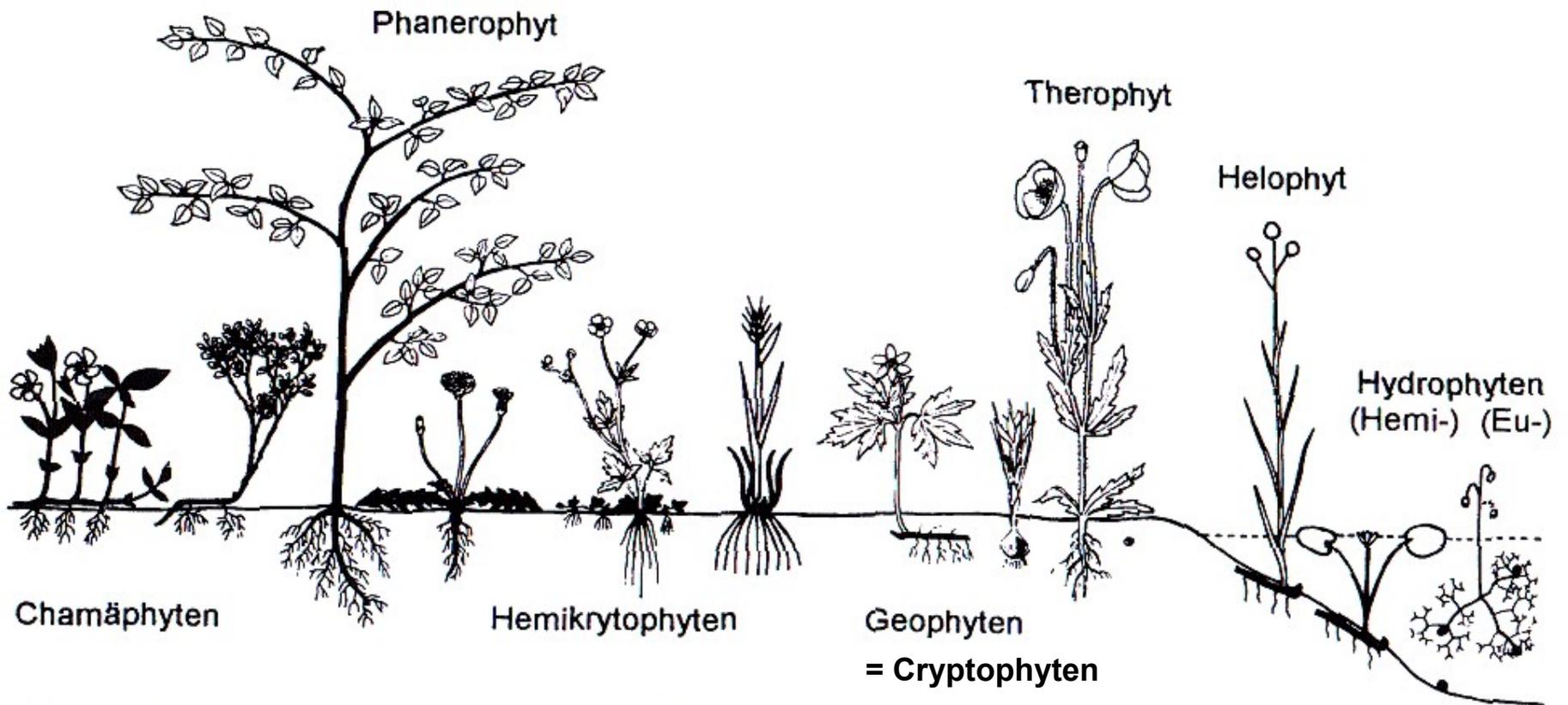
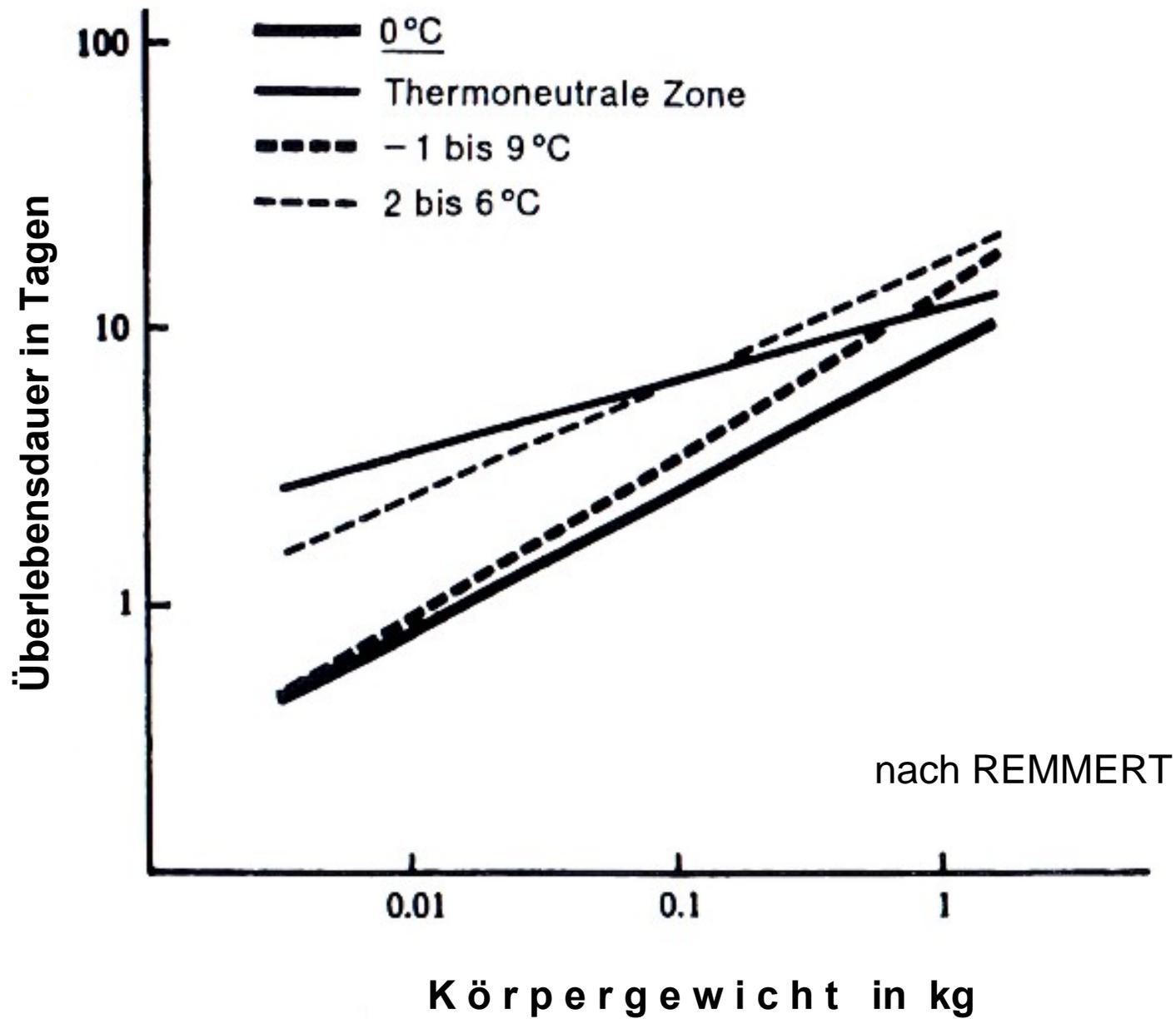


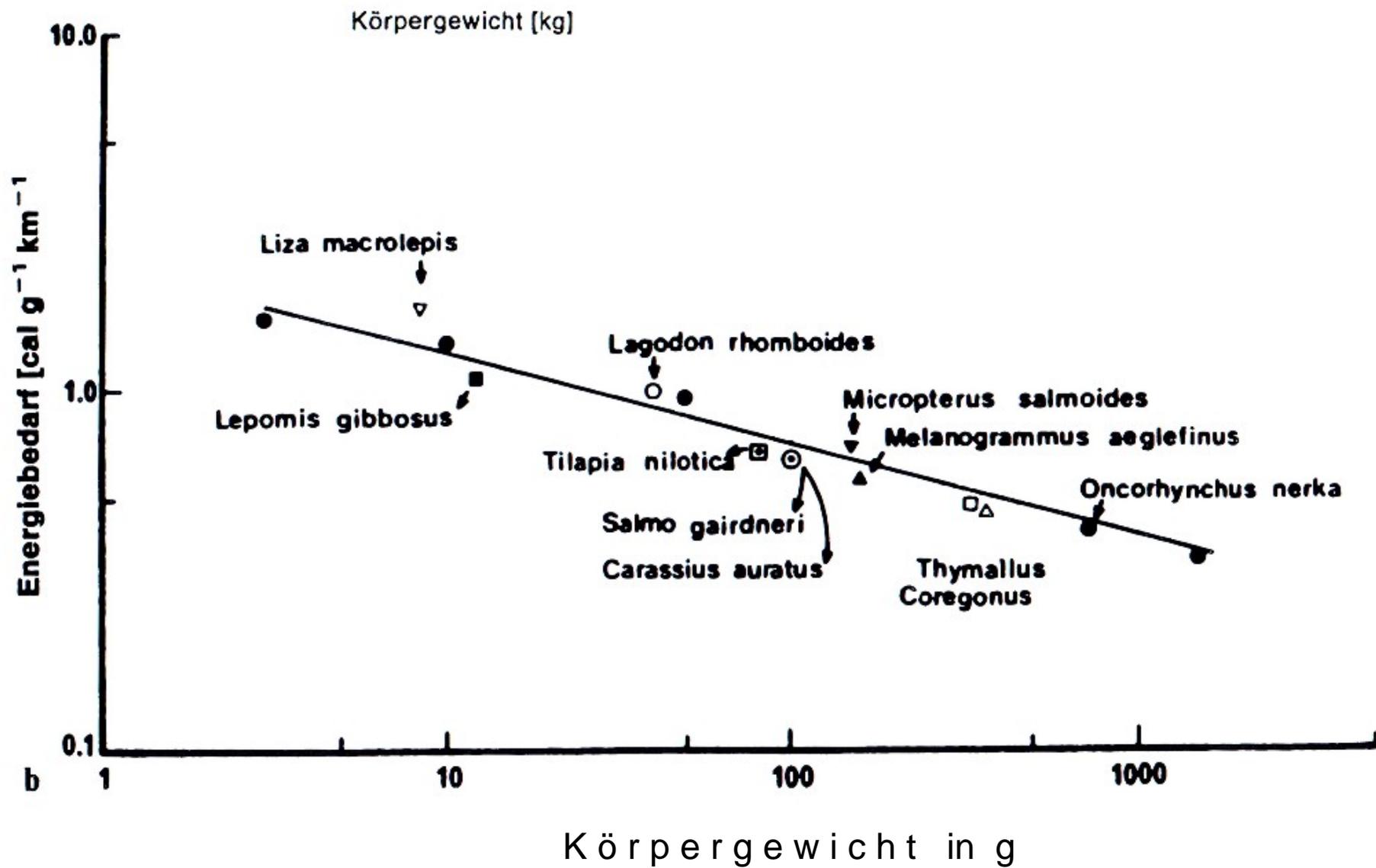
Abb. 1: Lebensformen nach RAUNKIAER, modifiziert.

Überdauernde Teile schwarz (vgl. Tab. 2.D). – Nach RAUNKIAER 1904, STRASBURGER etc. 1991, LARCHER 1994.

Tabelle 1. Verteilung der Pflanzen verschiedener geographischer Regionen auf die Raunkiaer'schen Lebensformtypen. (Nach Walter, 1949)

Biospectren verschiedener Zonen	P	Ch	H	K	T
Tropische Zone:					
Seychellen	61	6	12	5	16
Wüstenzone:					
Libysche Wüste	12	21	20	5	42
Cyrenaika	9	14	19	8	50
Mediterrane Zone:					
Italien	12	6	29	11	42
Gemäßigte Zone:					
Pariser Becken	8	6,5	51,5	25	9
Schweizer Mittelland	10	5	50	15	20
Dänemark	7	3	50	22	18
Arktische Zone:					
Spitzbergen	1	22	60	15	2
Nivale Höhenstufe:					
Alpen	—	24,5	68	4	3,5





nach REMMERT

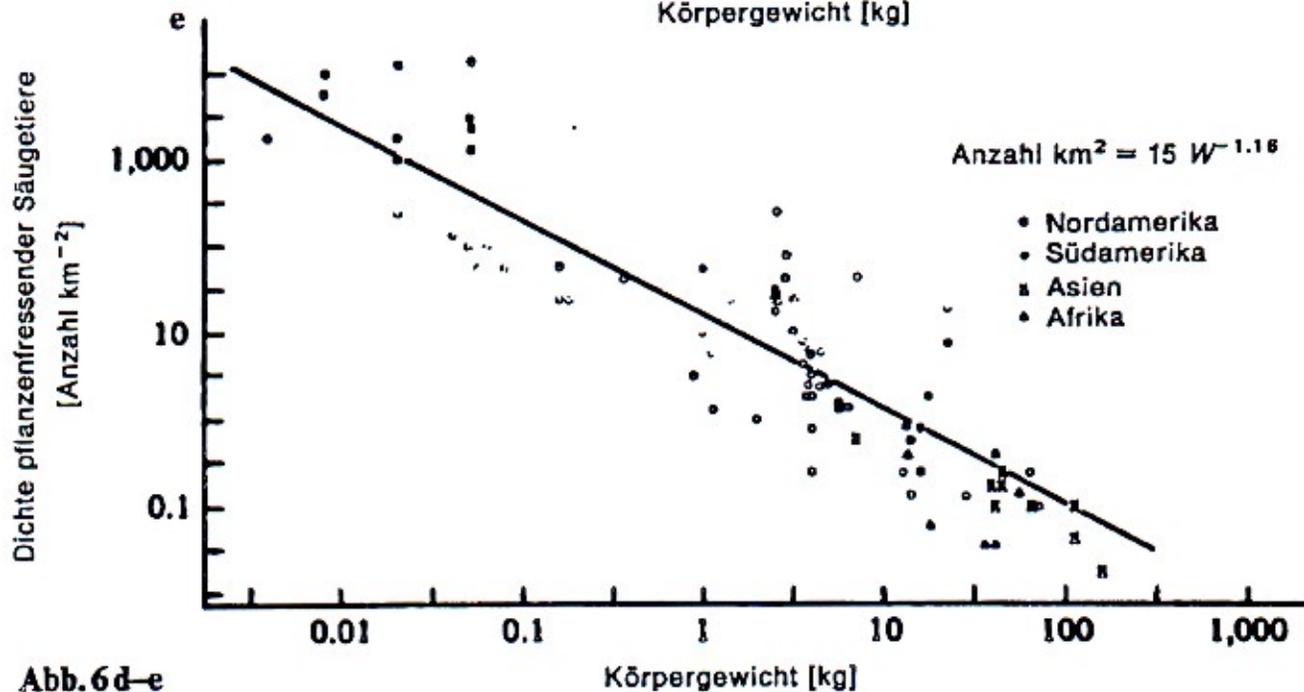
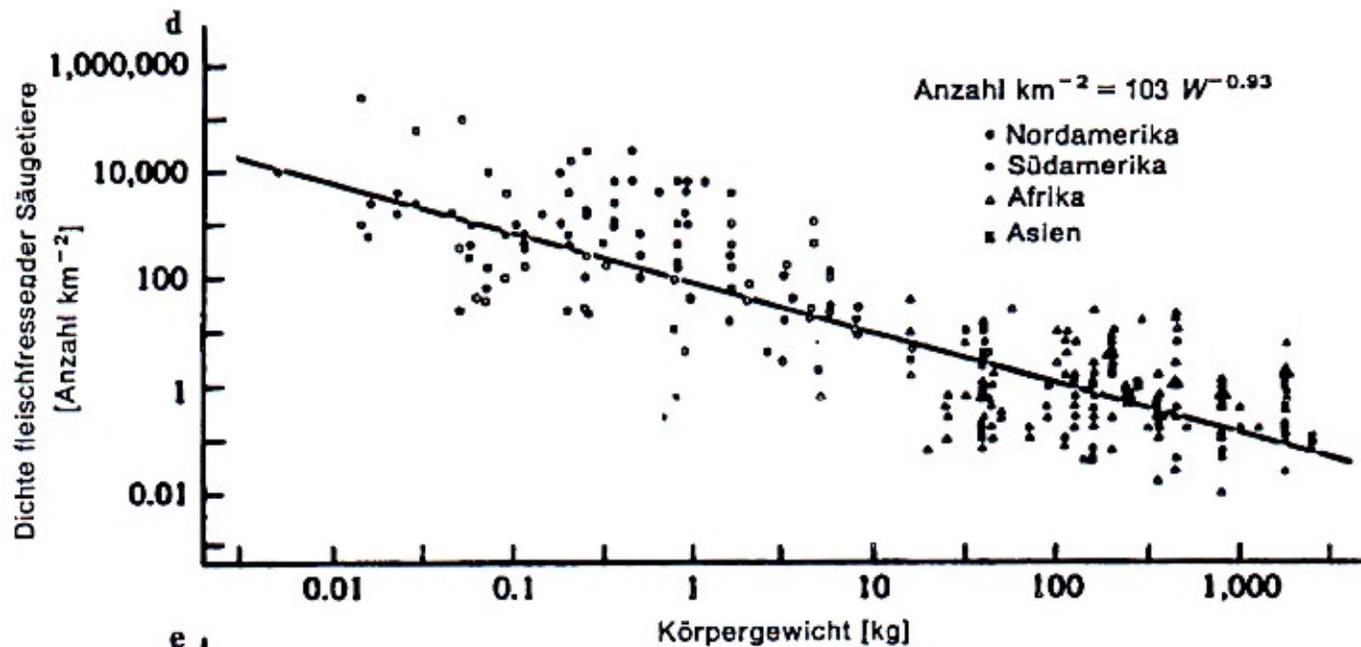
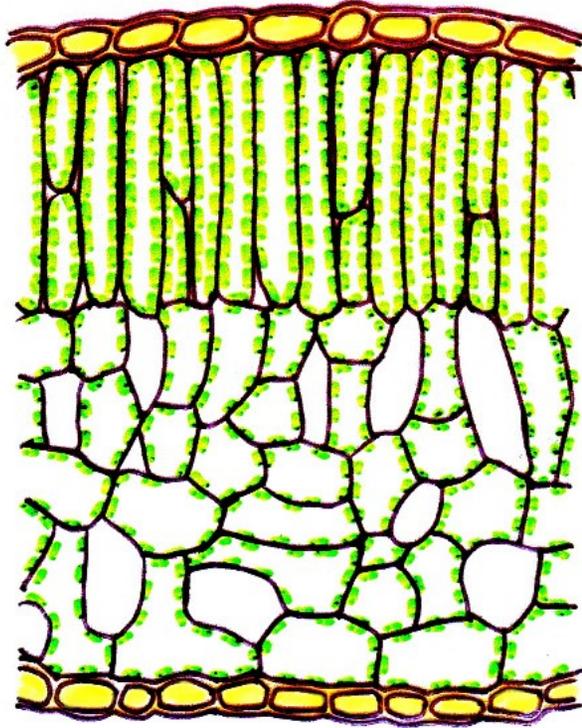
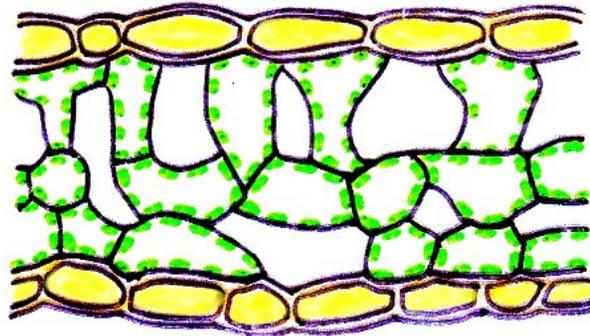


Abb. 6d-e

Fagus silvatica



Lichtblatt



Schatten-
blatt

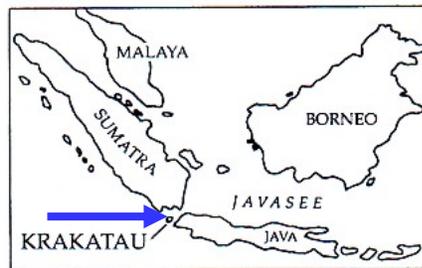
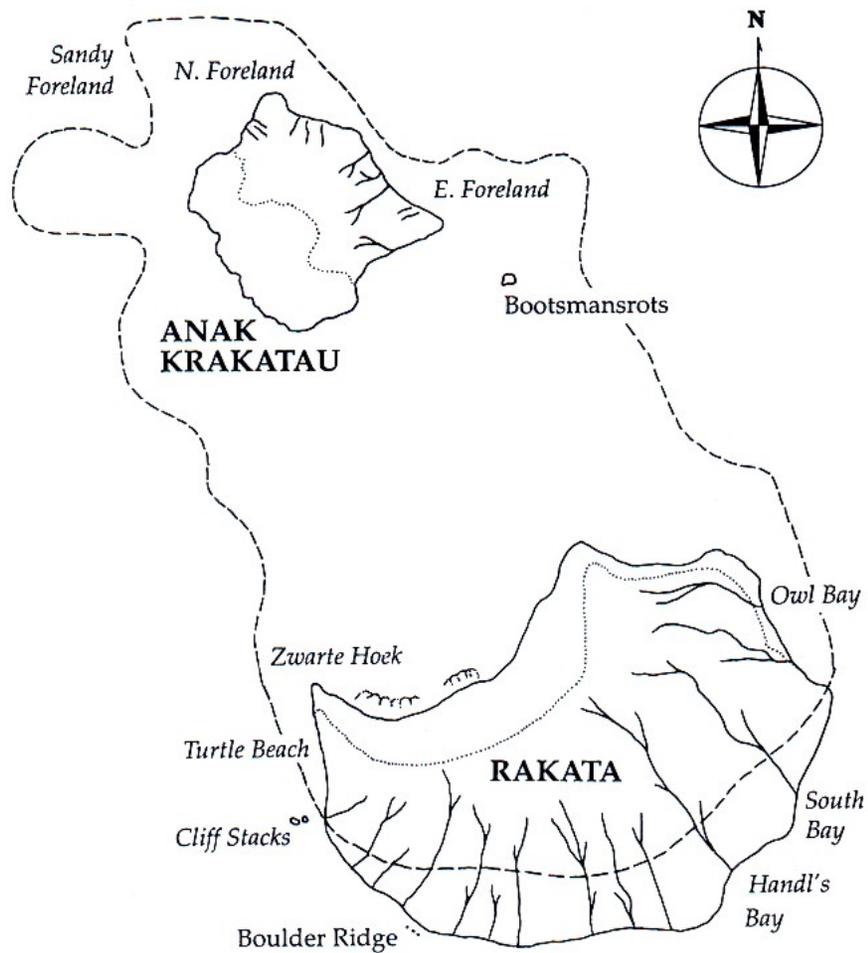
Wirkungsgesetz der Umweltfaktoren

(THIENEMANN 1950): „Diejenigen der notwendigen Umweltfaktoren bestimmen die Entwicklung eines Organismus in einem Biotop (von Null bis Maximalentfaltung), die dem Entwicklungsstadium des Organismus, das die kleinste ökologische Kompetenz besitzt, in der am meisten vom Optimum abweichenden Quantität oder Intensität zur Verfügung steht“

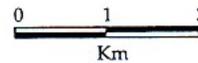
2.5.3. Biozönotische Grundprinzipien

(nach THIENEMANN 1920, FRANZ 1952)

- 1. je vielseitiger die Lebensbedingungen im Biotop, desto artenreicher**
- 2. je einseitiger Lebensbedingungen im Biotop, desto artenärmer**
- 3. je länger stabile Bedingungen im Biotop, desto artenreicher**



--- KRAKATAU
vor 1883



Der alte Krakatau wurde 1883 durch einen Vulkanausbruch zerstört. Erhalten blieb lediglich Rakata, ein Überrest am Süden, von dem jegliches Leben getilgt worden war. Anak Krakatau ist ein Vulkankegel, der 1930 aus dem Meer auftauchte.

Wiederbesiedlung Rakata ab 1883 – primäre Sukzession

Nach 9 Monaten:

Kleinlebewesen:

- segelnde Spinnen
- segelnde Blattläuse
- kleine Insekten
- kleine Samen
- Bakterien
- Pilzsporen

nach wenigen Jahren:

schwimmfähige Organismen:

fliegende Organismen:

blinde Passagiere:

-auf Treibgut:

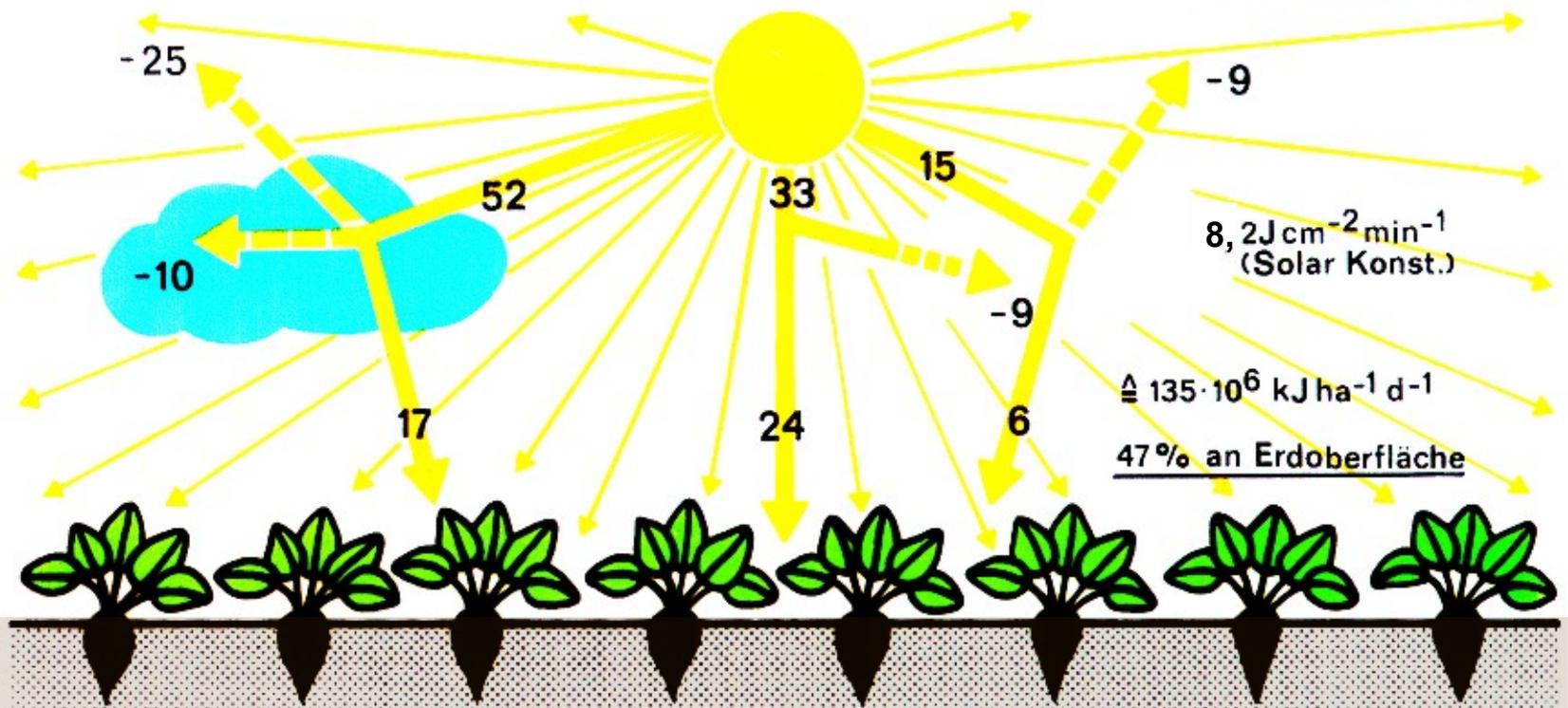
-auf oder in anderen Organismen:

Besiedlung mit Gefäßpflanzen

1884	2 Arten (Gräser)
1886	15 Gräserarten und Sträucher
1897	49 Arten
1928	300 Arten

Strahlungsmilieu der Erde

(Anteile in %)



$8,2 \text{ J cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$
(Solar Konst.)

$\approx 135 \cdot 10^6 \text{ kJ ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$

47% an Erdoberfläche

davon 43% photosynthetisch akt. Strahlung (PAR) $\approx 58 \cdot 10^6 \text{ kJ ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$
 davon 80% max. Absorption durch Blätter $\approx 46 \cdot 10^6 \text{ kJ ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$
 davon 23% Wirkungsgrad in der Photosynthese $\approx 11 \cdot 10^6 \text{ kJ ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$

8% der auf die Erdoberfläche auftreffenden Strahlung können max. im Prozess der Photosynthese genutzt werden.

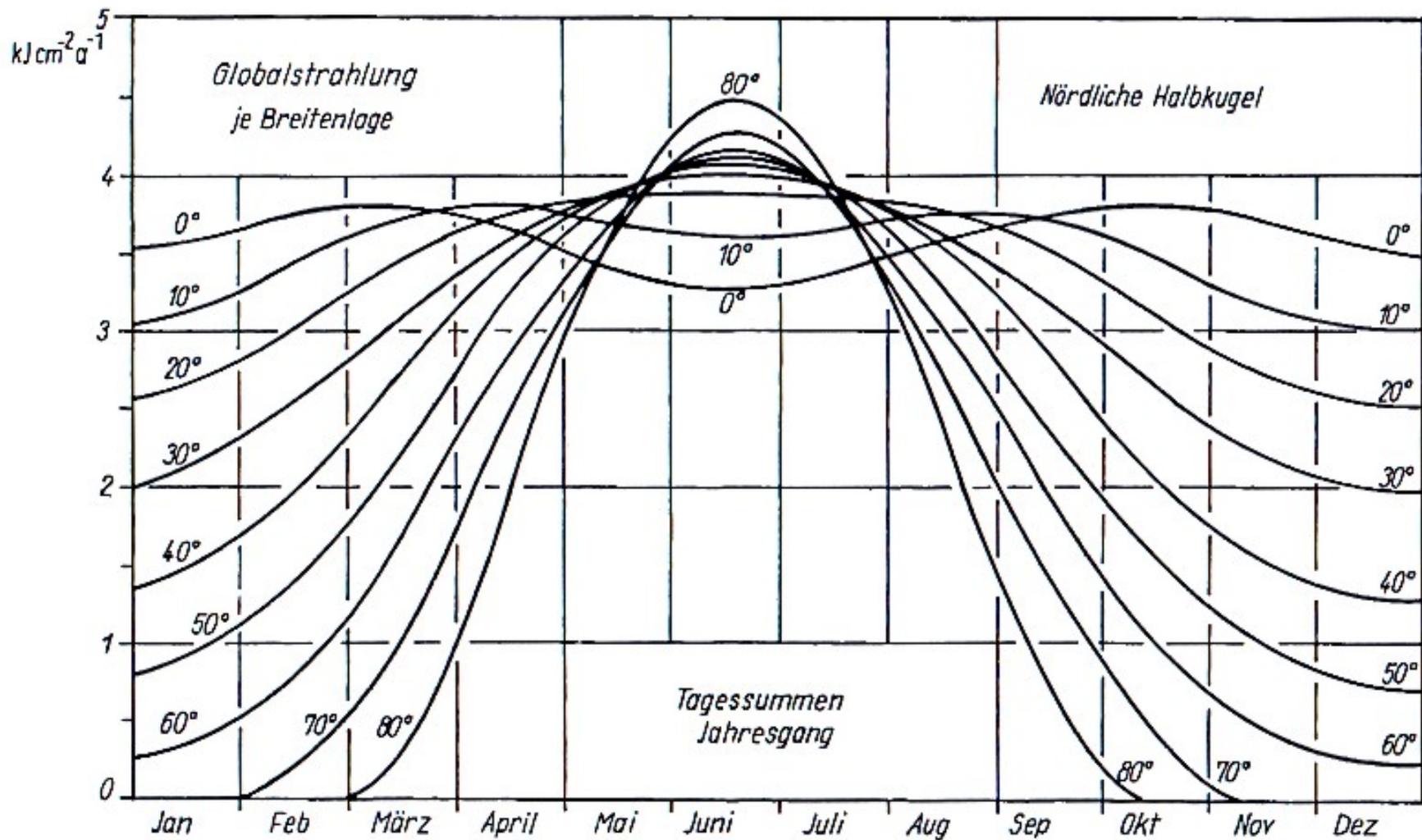
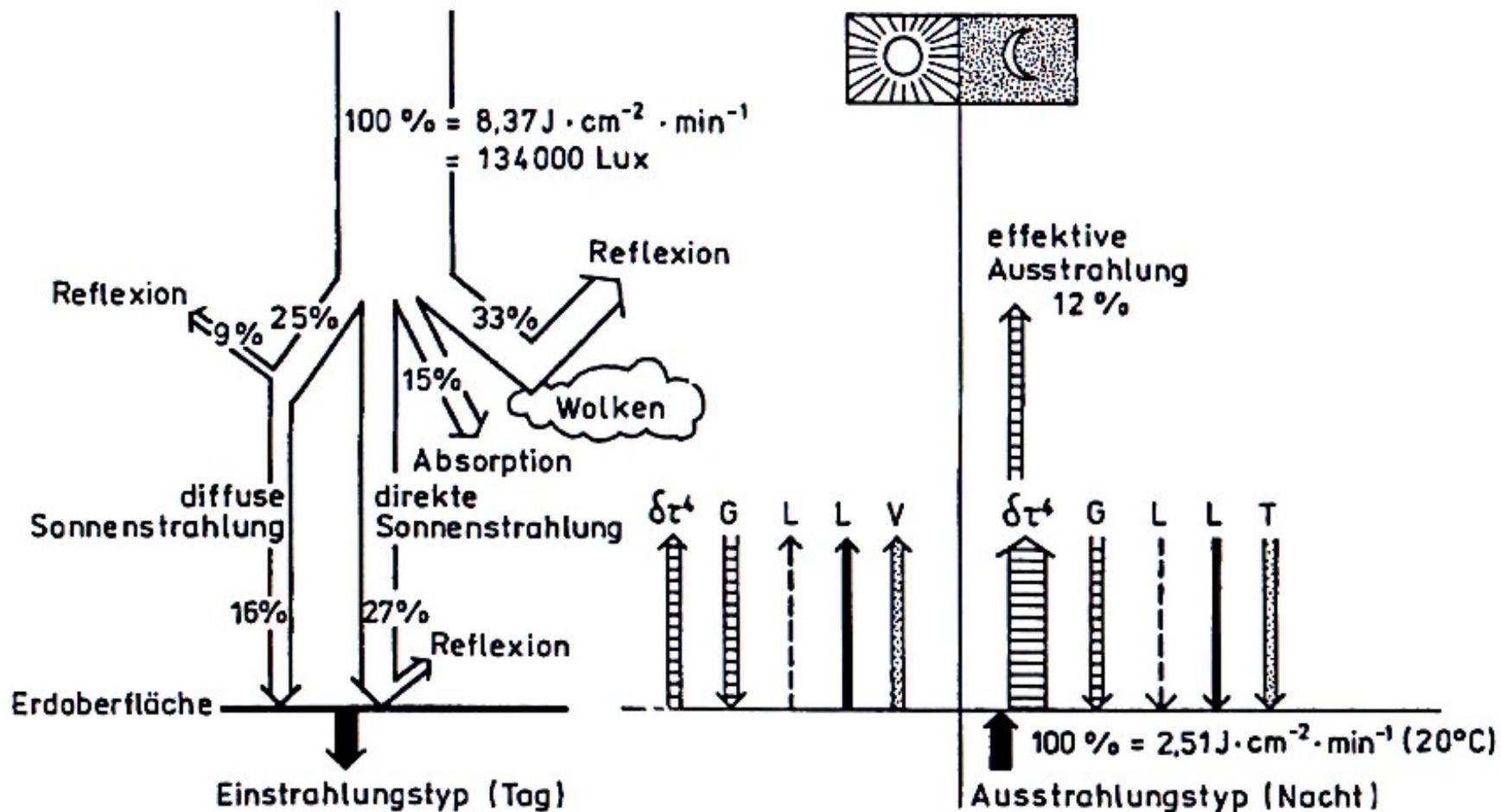


Abb. 4. Jahresgang der Globalstrahlung (Tagessummen) auf der Nordhalbkugel, in Abhängigkeit von der geogr. Breite. Theoretische Höchstwerte, ohne Berücksichtigung der Strahlungsminderung durch die Lufthülle (Solarkonstante 1360 W m^{-2}). In Anlehnung an GATES, aus KORMONDY 1969

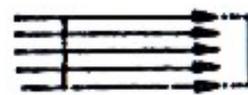


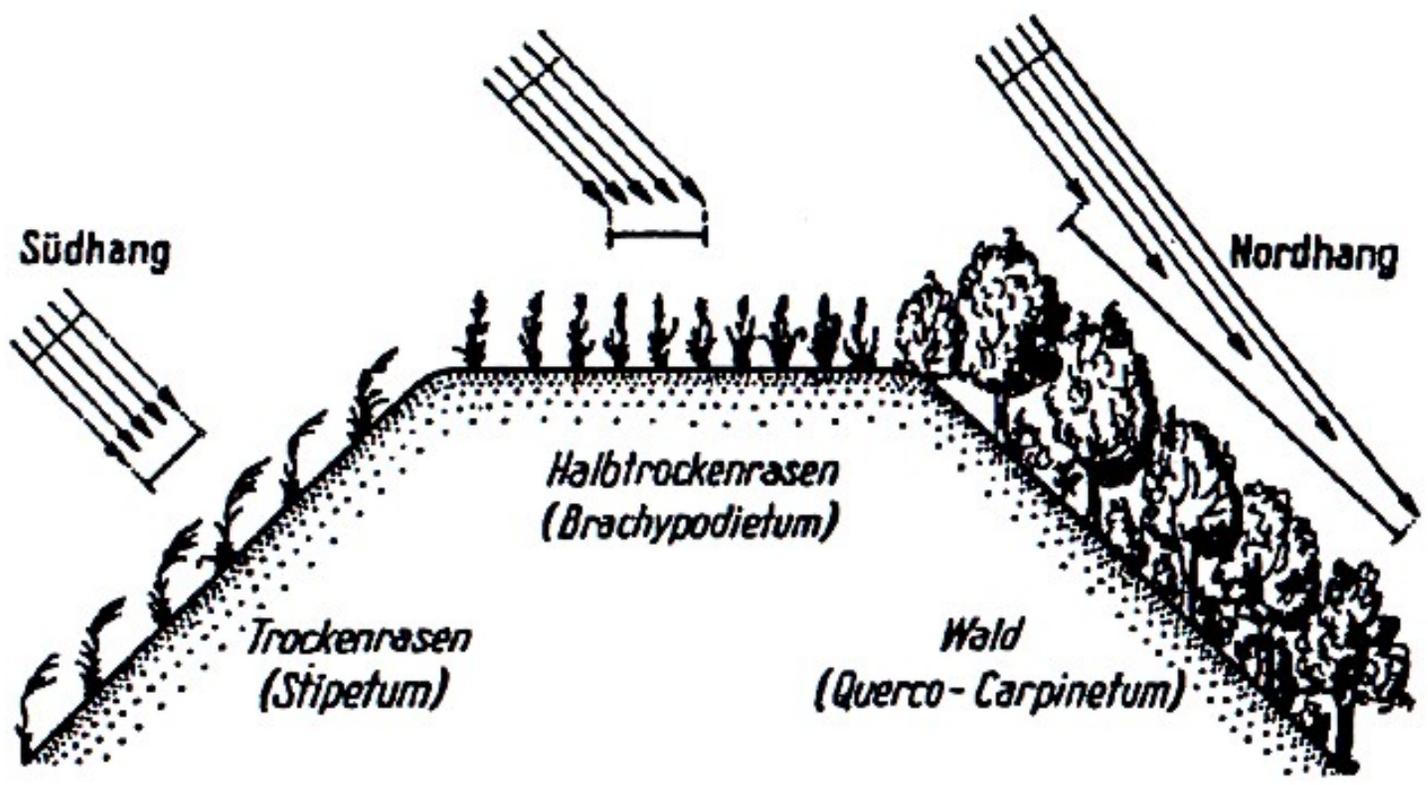
Strahlungs- und Wärmeumsatz bei Ein- und Ausstrahlung

- \Rightarrow kurzwellige sichtbare Lichtstrahlung
- \Rightarrow langwellige Wärmestrahlung
- \Rightarrow Verdunstung, Tau, Reif
- \Rightarrow echte Wärmeleitung
- \Rightarrow Massenaustausch

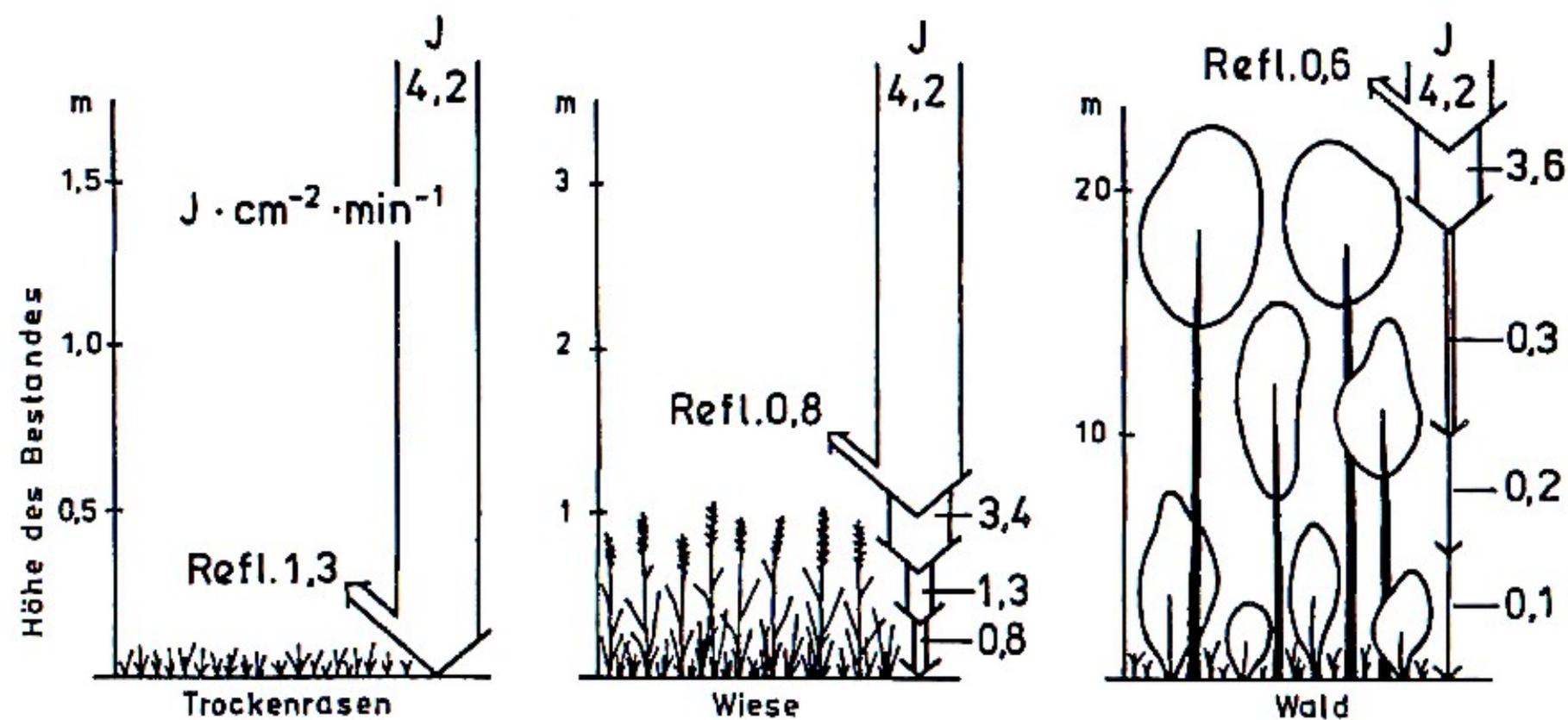
- $\delta\tau^4$ - langwellige Strahlung
- G - atmosphärische Gegenstrahlung
- V - Verdunstung, Tau, Reif
- T - Taubildung
- L - Wärmeumsatz Luft-Boden

Ein- und Ausstrahlungstyp der Energie. In Anlehnung an GEIGER und KREEB.

 vom gleichen Strahlenbündel
mit Energie versorgte Fläche



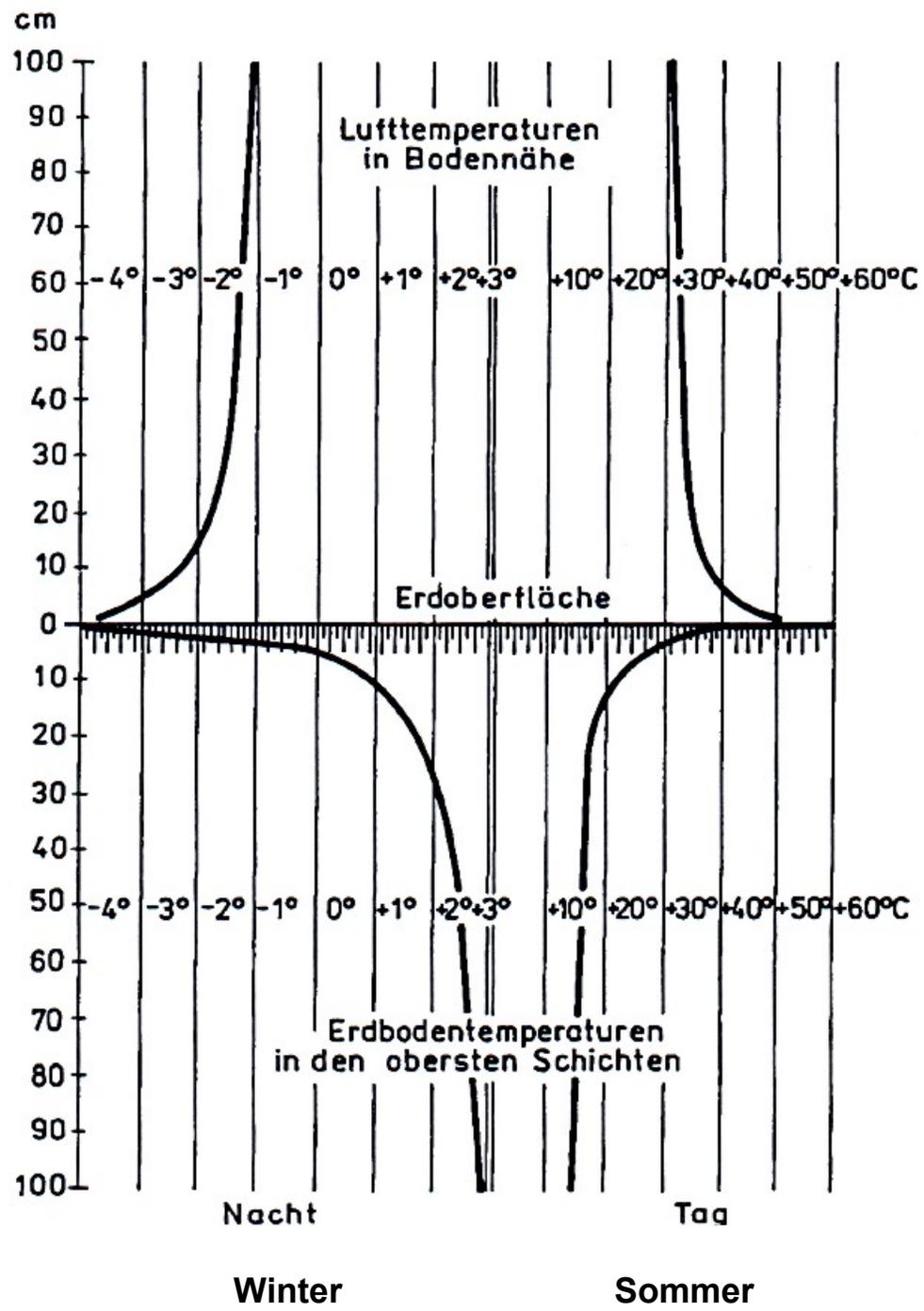
Einstrahlung und Vegetation an einem mitteleuropäischen Hügel



Eindringen der Strahlungsenergien und Ausbildung einer aktiven Oberfläche in verschiedenen Pflanzenbeständen. In Anlehnung an LARCHER und WALTER.

Tabelle 2.1. Größe einiger Wärmekonstanten für den Boden. Nach LERCH

		spez. Gewicht (Dichte)	spez. Wärme	Wärmeleitfähig- keit
		$\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	$\frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{Grad}}$	$\frac{1000 \cdot \text{J}}{\text{cm} \cdot \text{s} \cdot \text{Grad}}$
Felsgestein		2,5–2,9	0,7–0,8	16,7–41,9
Sand	naß			8,4–25,1
	trocken	2,6	0,8	1,7–2,9
Lehm	naß			8,4–20,9
	trocken	2,3–2,7	0,7–0,8	0,8–6,3
Moorboden	trocken	1,4–2,0	0,4–0,8	0,4–1,3
Wasser	unbewegt	1,0	4,2	5,4–6,3
Luft	unbewegt	0,001	1,0	0,2–0,3



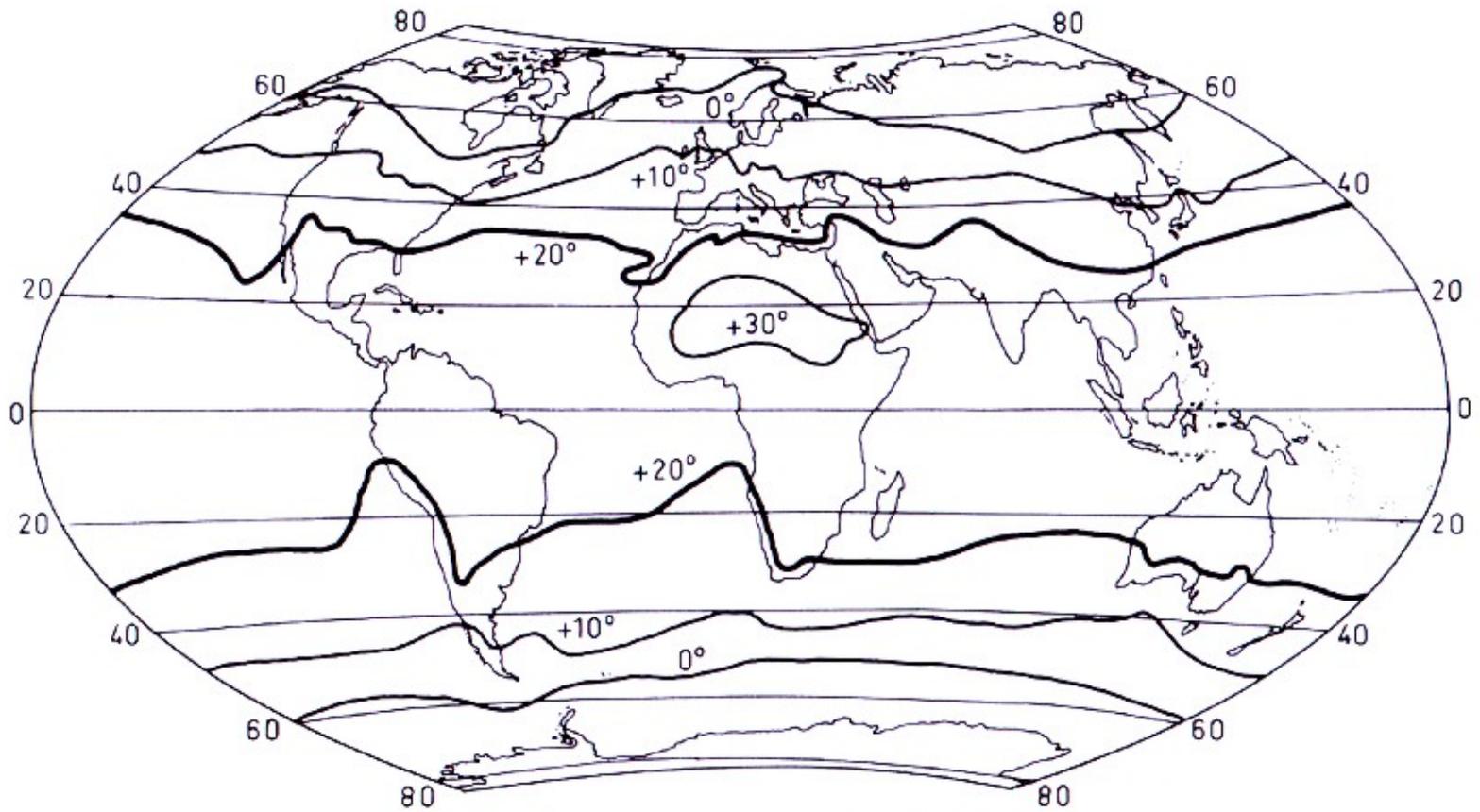
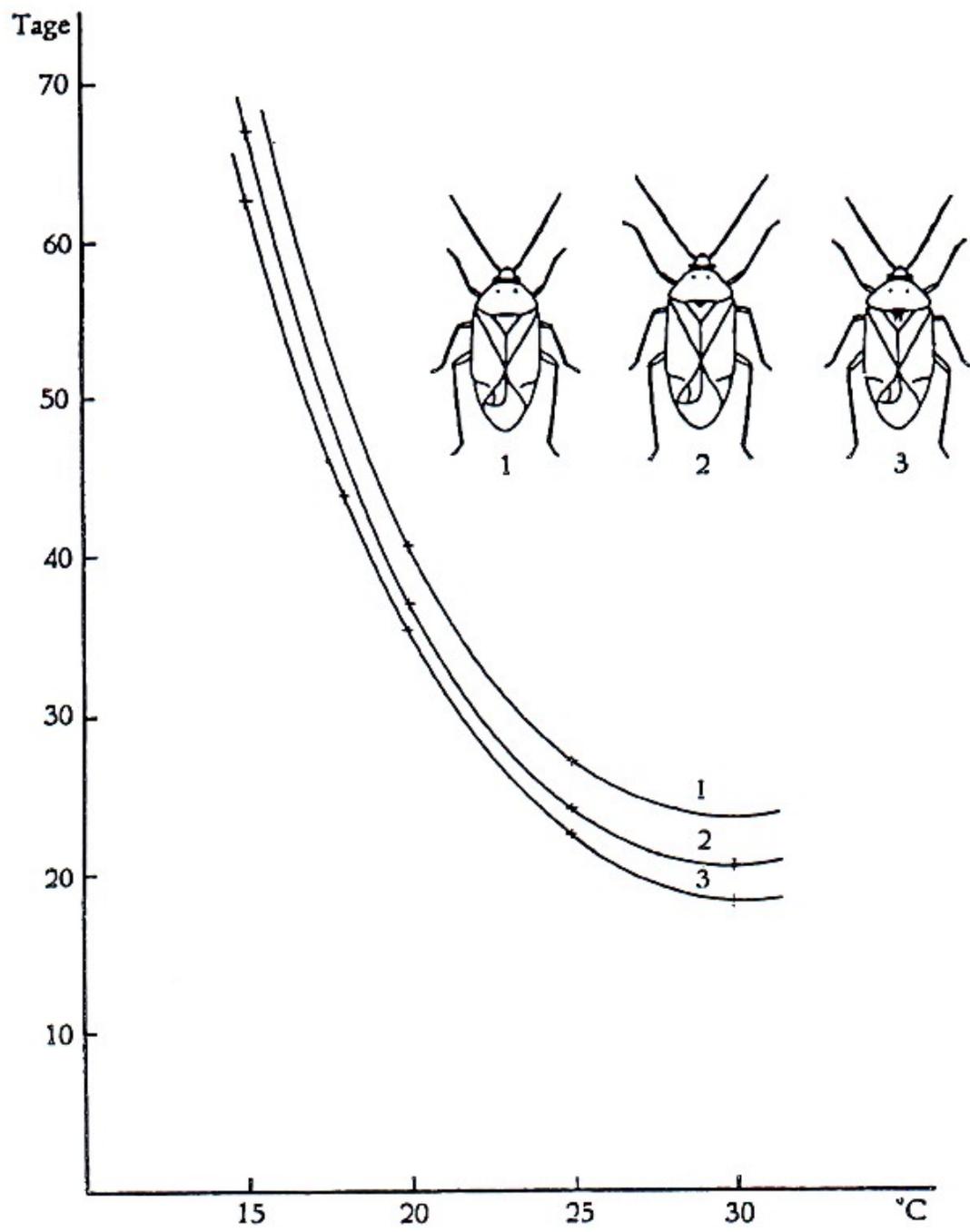
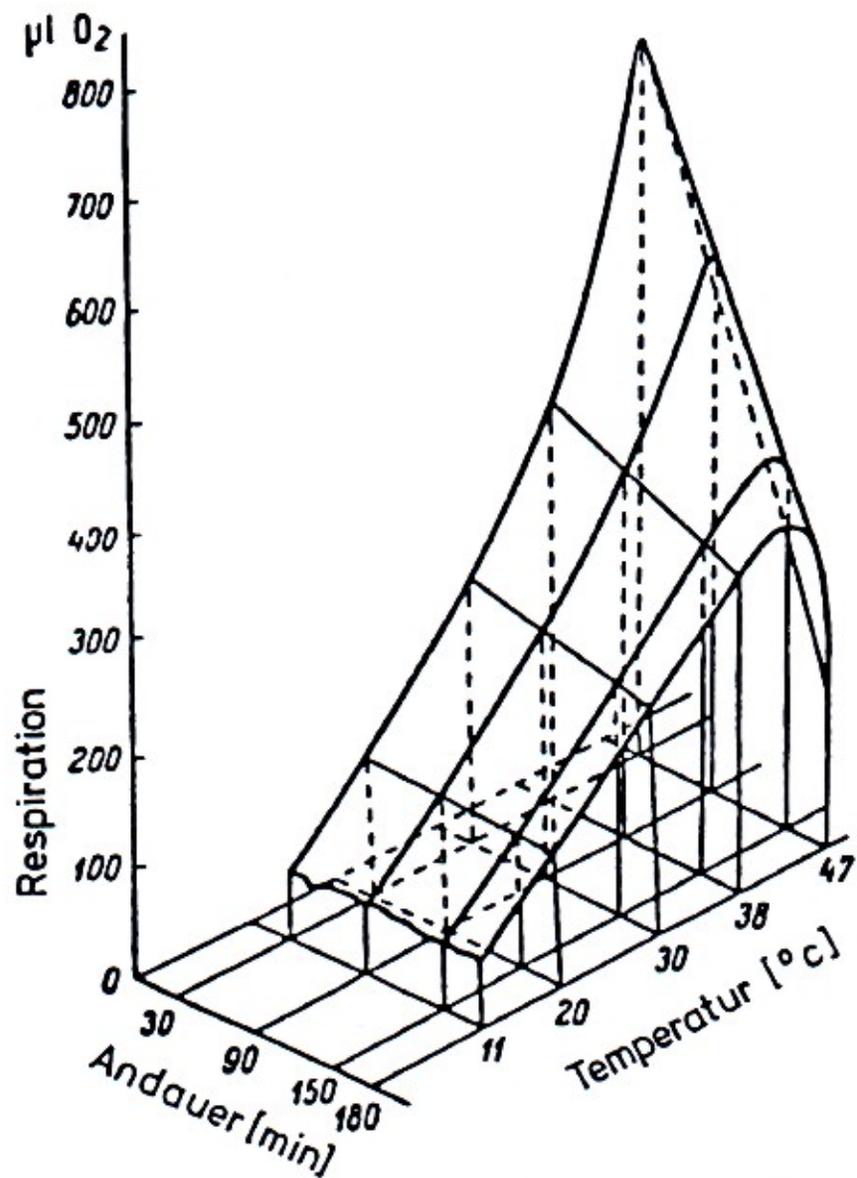
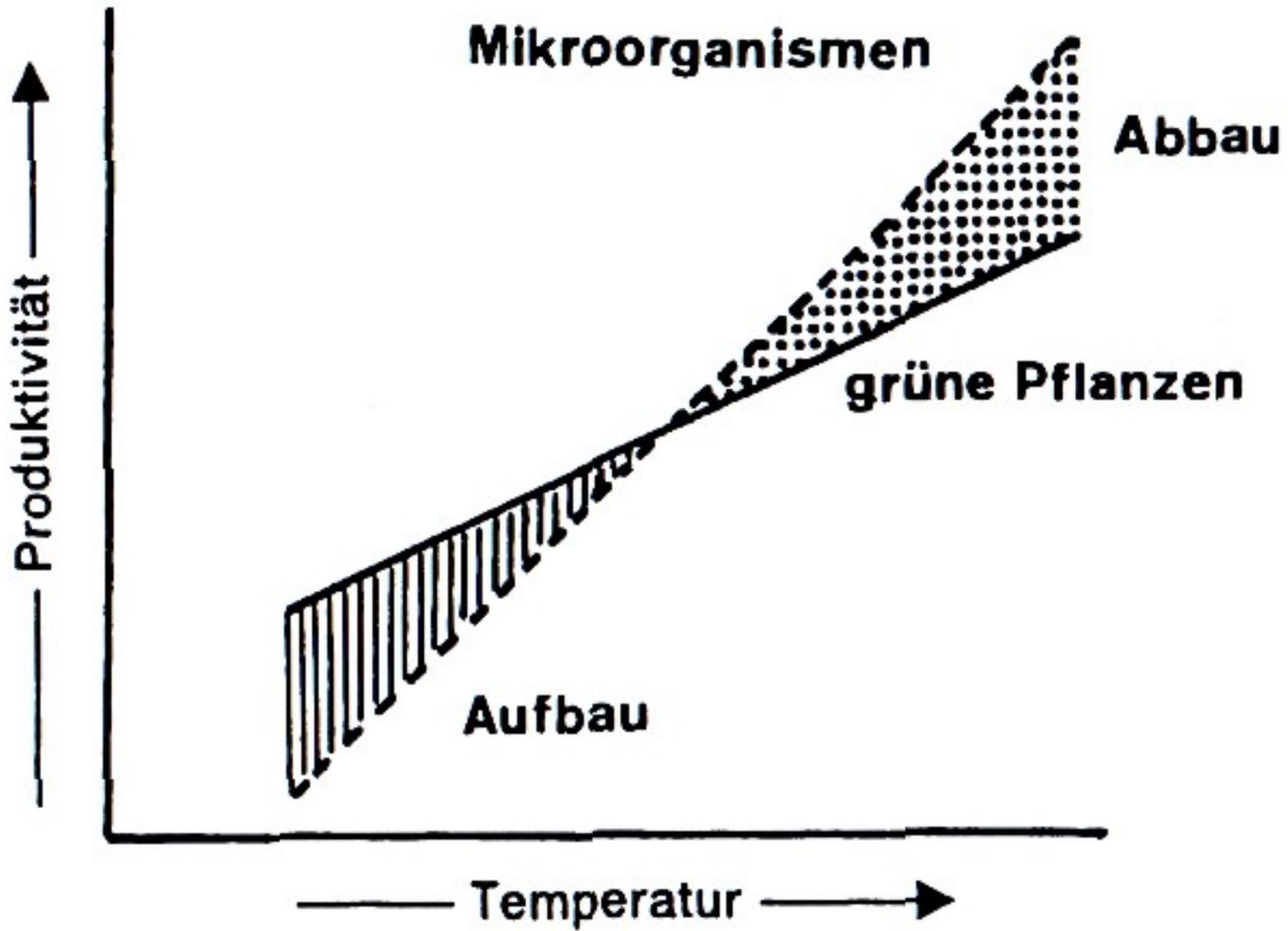


Abb. 2.3: Temperaturzonen der Erde, vereinfacht dargestellt durch Jahresisothermen (Linien gleicher mittlerer Jahrestemperatur).





Dunkelatmung der Blätter von *Podophyllum peltatum* bei zunehmender Andauer höherer Temperaturen. Nach SEMICHATOVA (1974).



nach REMMERT Ökologie

Art	Körpergewicht in g	O₂-verbrauch in ml / g · h
Spitzmaus	4,8	7,4
Maus	25	1,65
Pferd	650000	0,11

Adaptation an Kälte/Frost:

a) Gefrierschutzmittel:

- Insekten
- antarktische Fische
- Pflanzen

b) Antifrostproteine

c) kältestabile Phospholipide

d) Wasserentzug

e) Winterruhe

f) Überdauerungsformen

Adaptation an Hitze:

1. Tiere

a) Vermeidung direkter Sonneneinstrahlung

- Aufsuchen von Schattenplätzen, Höhlen
- Vergraben im Boden, im Wüstensand
- Aufsuchen von feuchten Standorten/Wasserlöchern/Gewässern

b) Transpiration

2. Pflanzen

a) Verringerung der Photonenabsorption

- Transmission und Reflexion
- Kantenstellung

b) Transpiration

c) Reduktion der Blätter

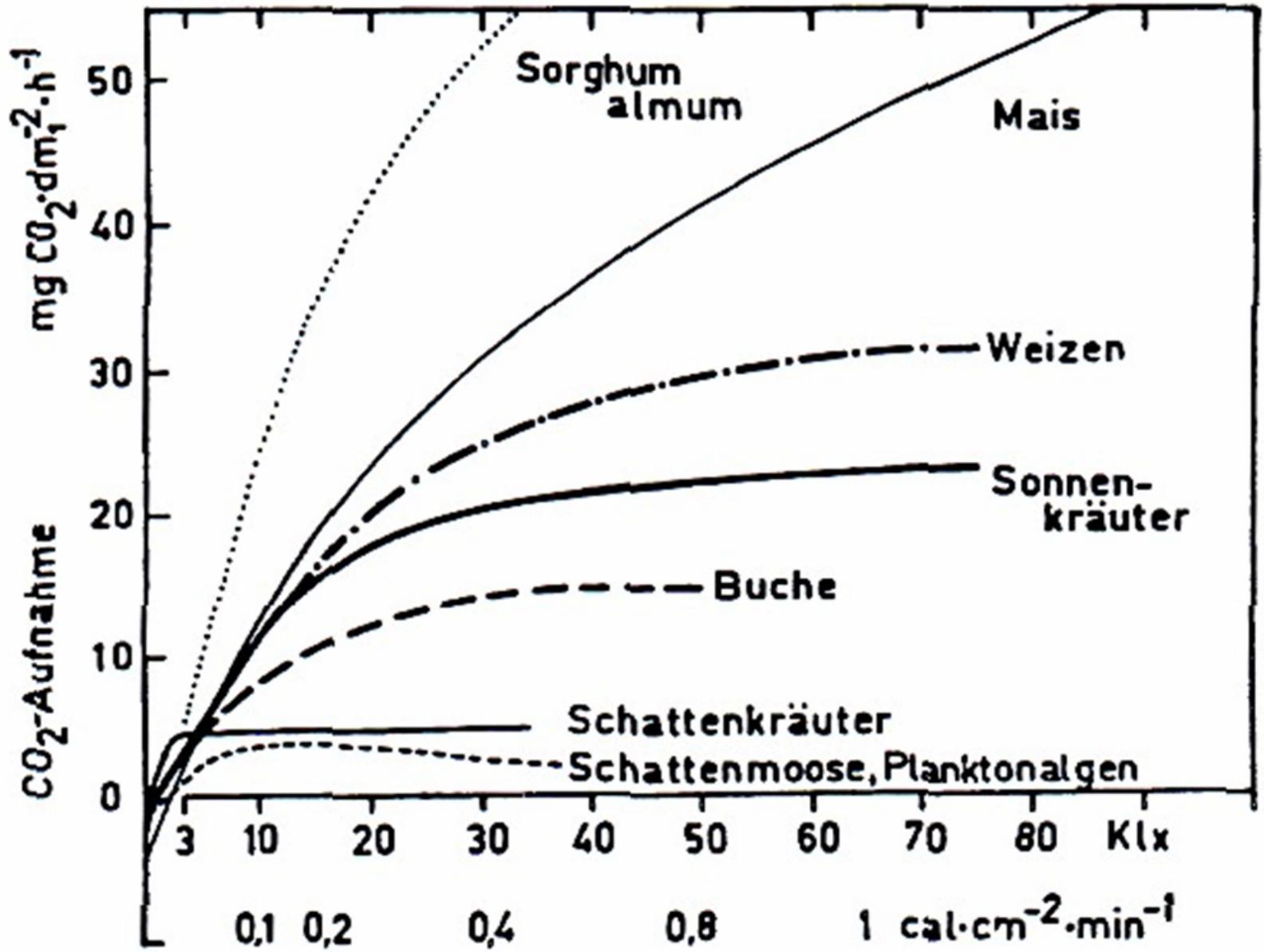
3. Thermophile Organismen

Solarkonstante: $1360 \pm 1 \text{ Wm}^2$

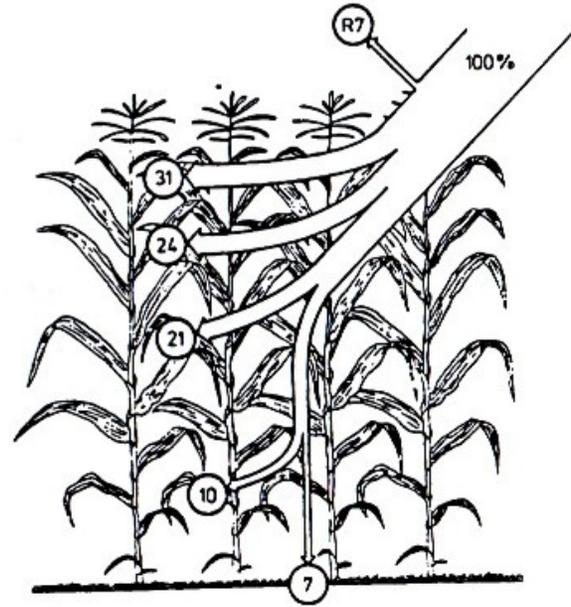
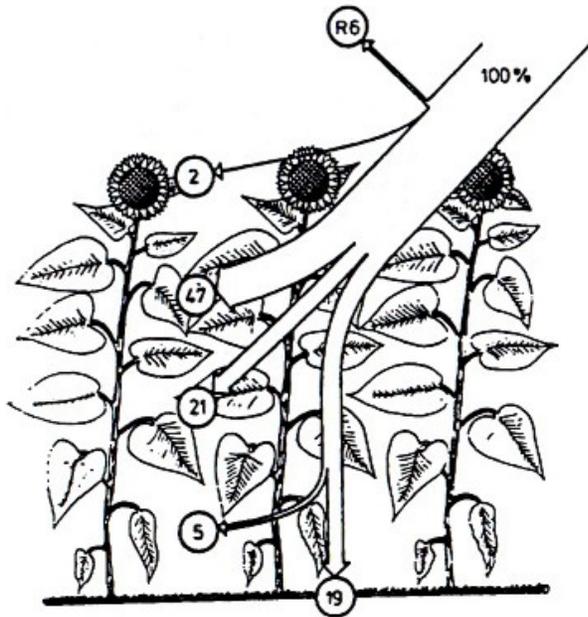
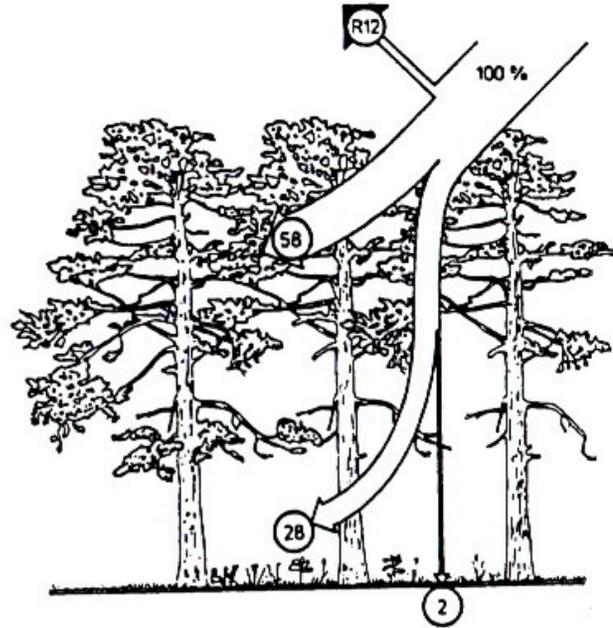
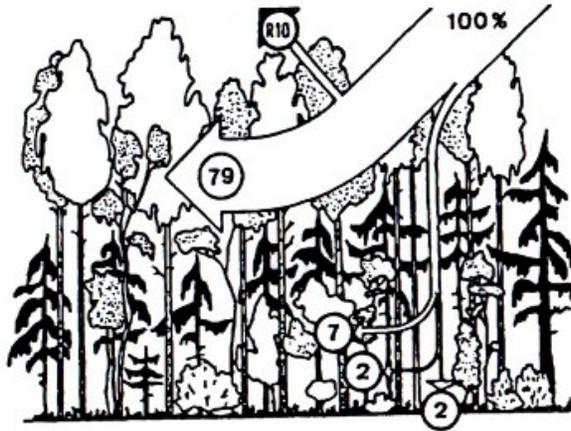
- klarer Sommertag: 50 000 – 100 000 Lux
- bedeckter Himmel Sommertag: 10 000 Lux
- bedeckter Himmel Wintertag: 1500 Lux
- gut beleuchteter Raum: 300 - 400 Lux
- zum Lesen und Schreiben erforderlich: 50 Lux

Wellenlänge: $\lambda < 4000 \text{ nm}$

- ca. 45% sichtbares Licht: $\lambda 380\text{-}740\text{nm}$ (PAR)
- ca. 10% UV-Licht $\lambda < 380\text{nm}$
- ca. 45% IR-Licht $\lambda > 740\text{nm}$



nach REMMERT: Ökologie



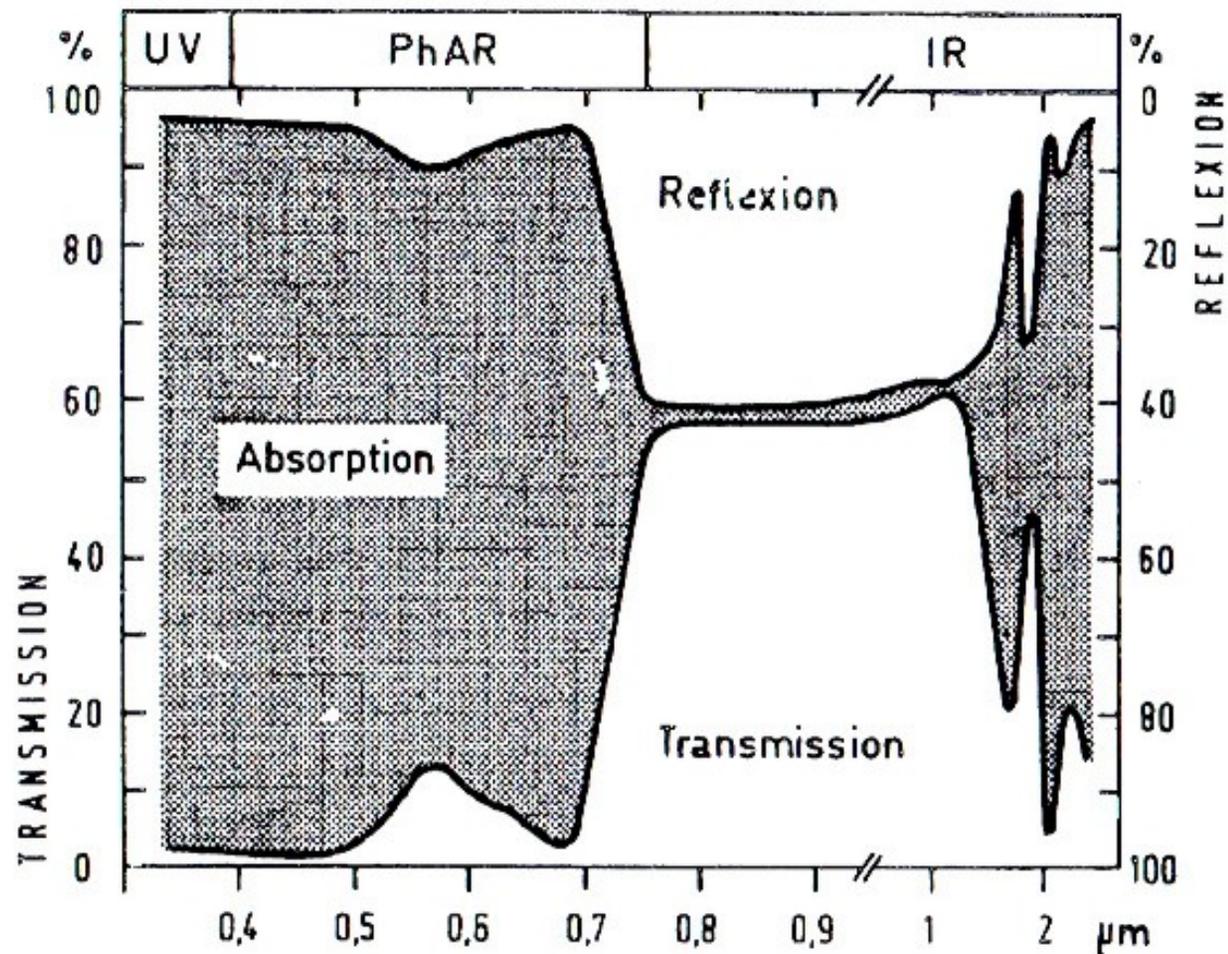
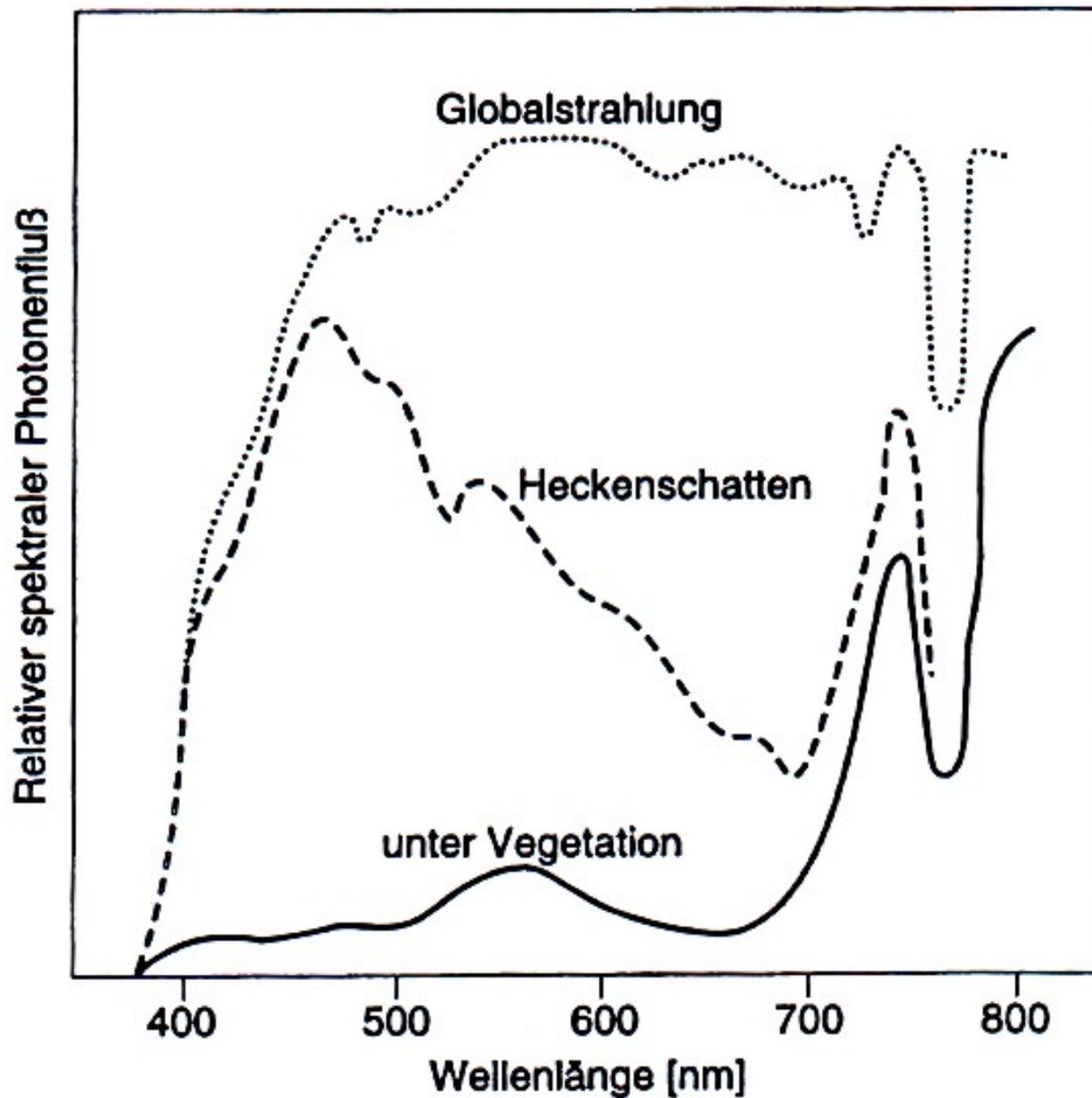
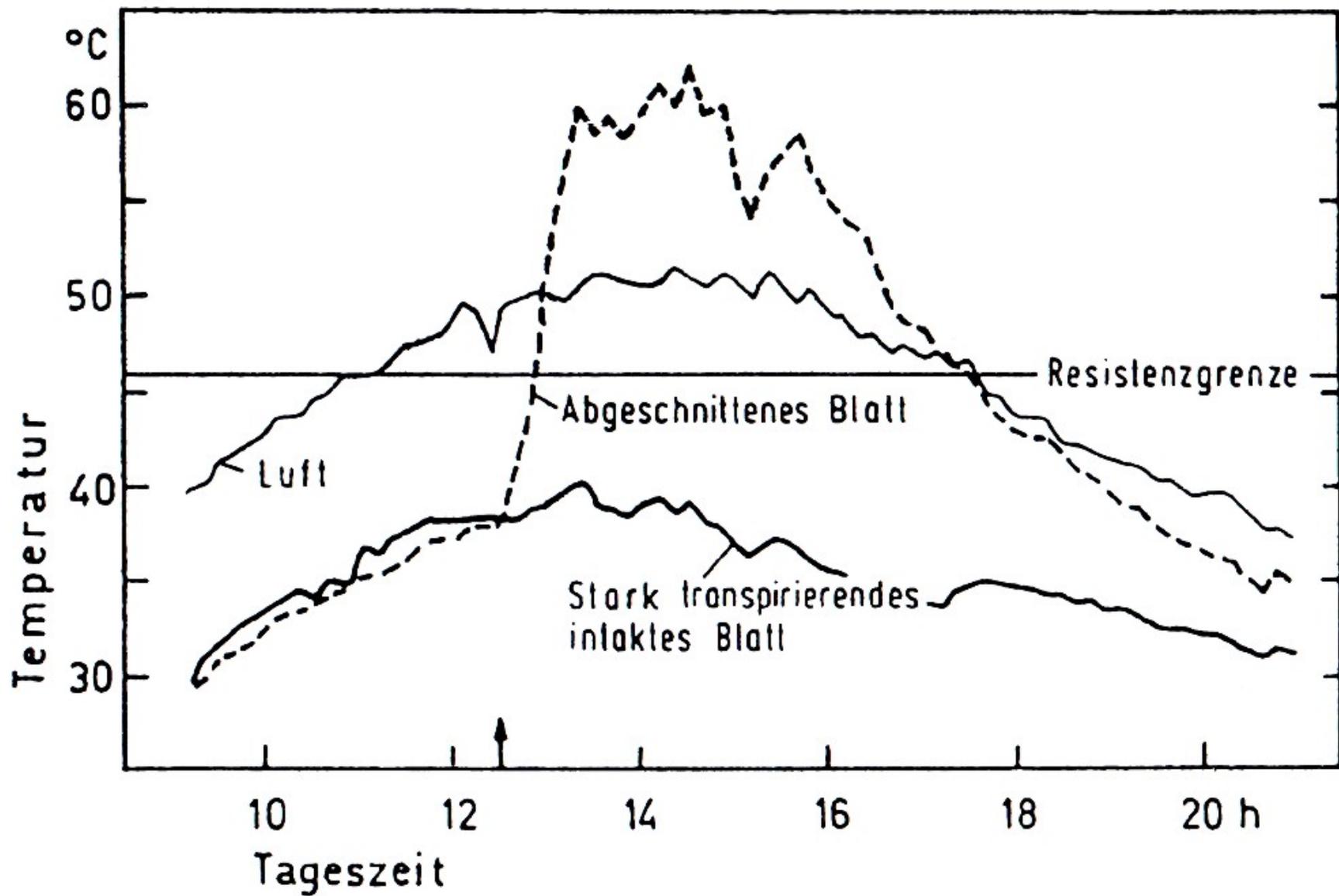
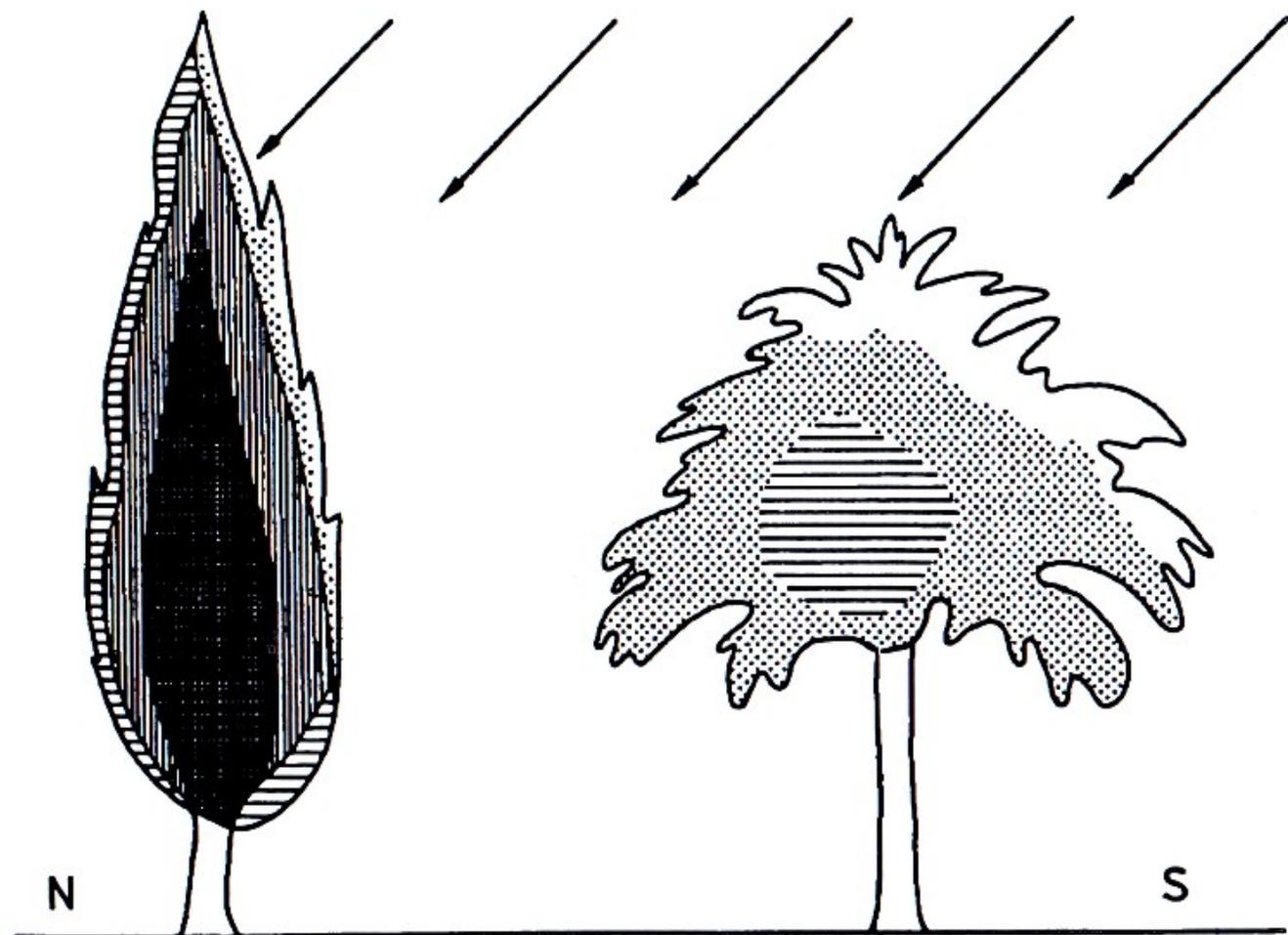


Abb. 1.30. Relative Reflexion, Transmission und Absorption eines Pappelblattes (*Populus deltoides*) in Abhängigkeit von der Wellenlänge der auftreffenden Strahlung. Nach GATES (1965).

	UV	PAR	IR
Absorption	> 90%	60 - 80%	< 10%
Reflexion	2 – 4%	6 – 12%	ca. 45%
Transmission	1 – 2%	10 - 15%	ca. 45%



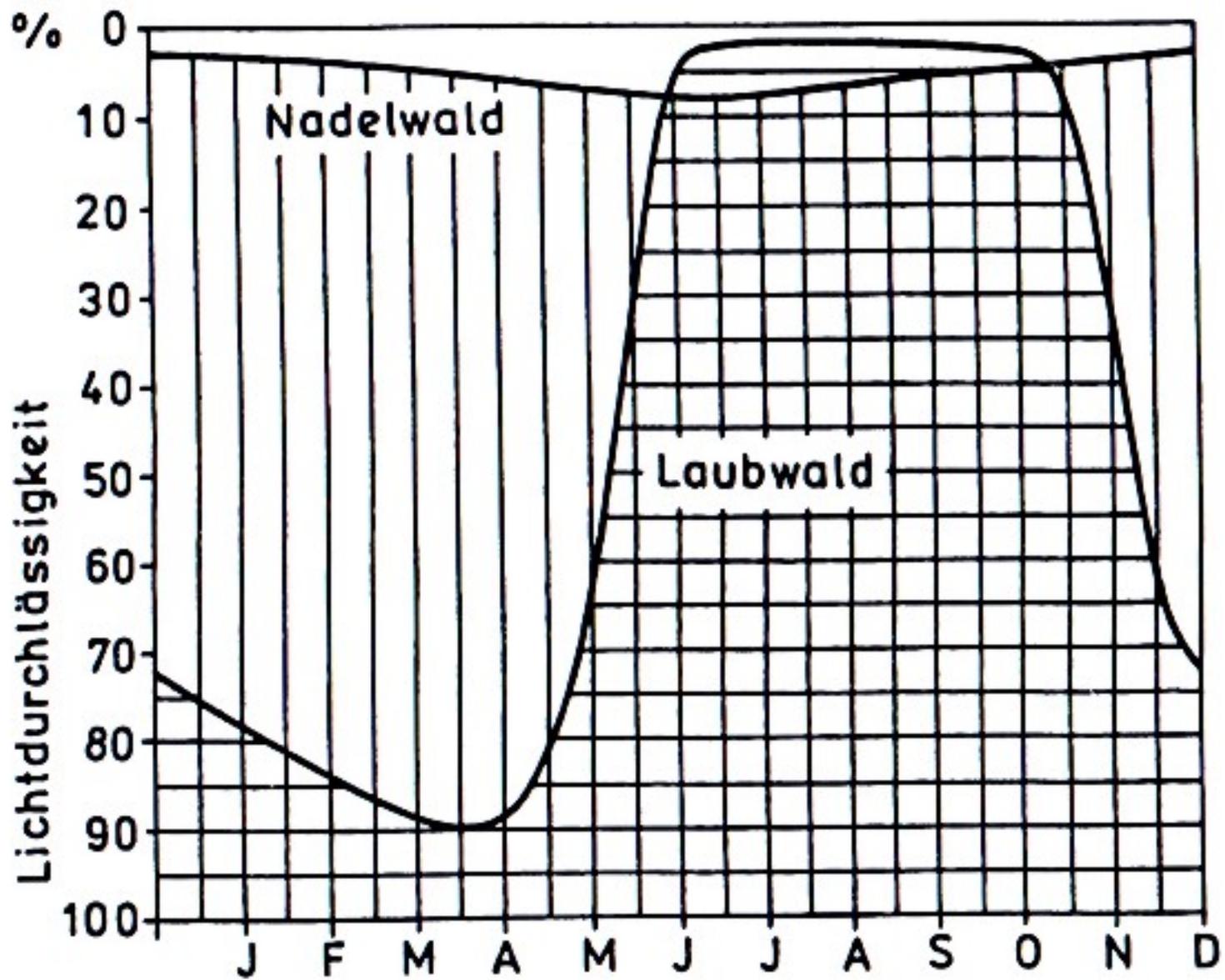


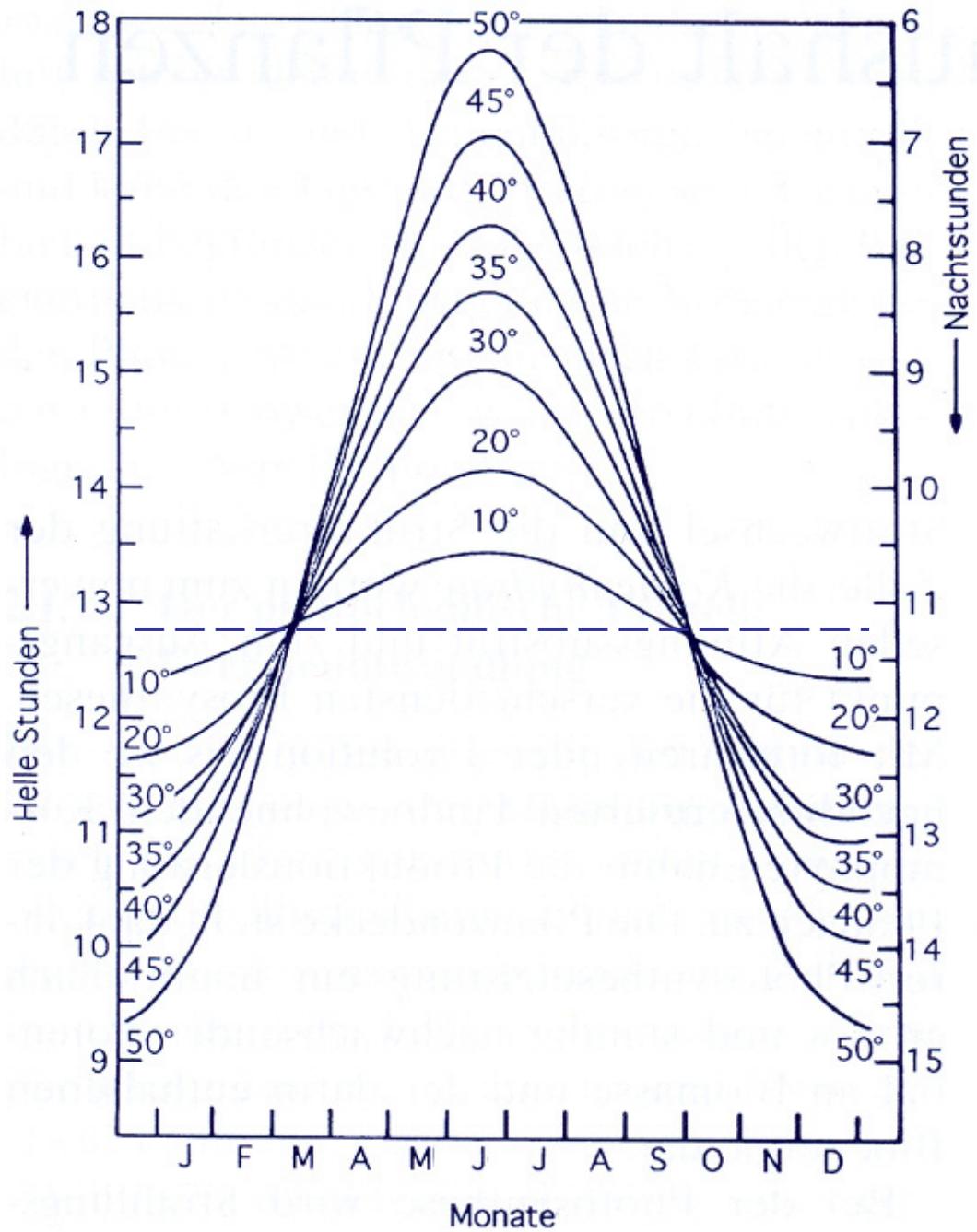


100-50%
 50-25%
 25-10%
 10-1% Lichtgenuß (LG)

Laubfreie dysphotische Zone

Abb. 2.16. Relativer Lichtgenuß in der Krone einer Zypresse und eines Ölbaumes an einem klaren Sommertag. Nach LARCHER 1980, verändert.





Zusammensetzung der Pflanze

Frischgewicht = Trockensubstanz + Wassergehalt

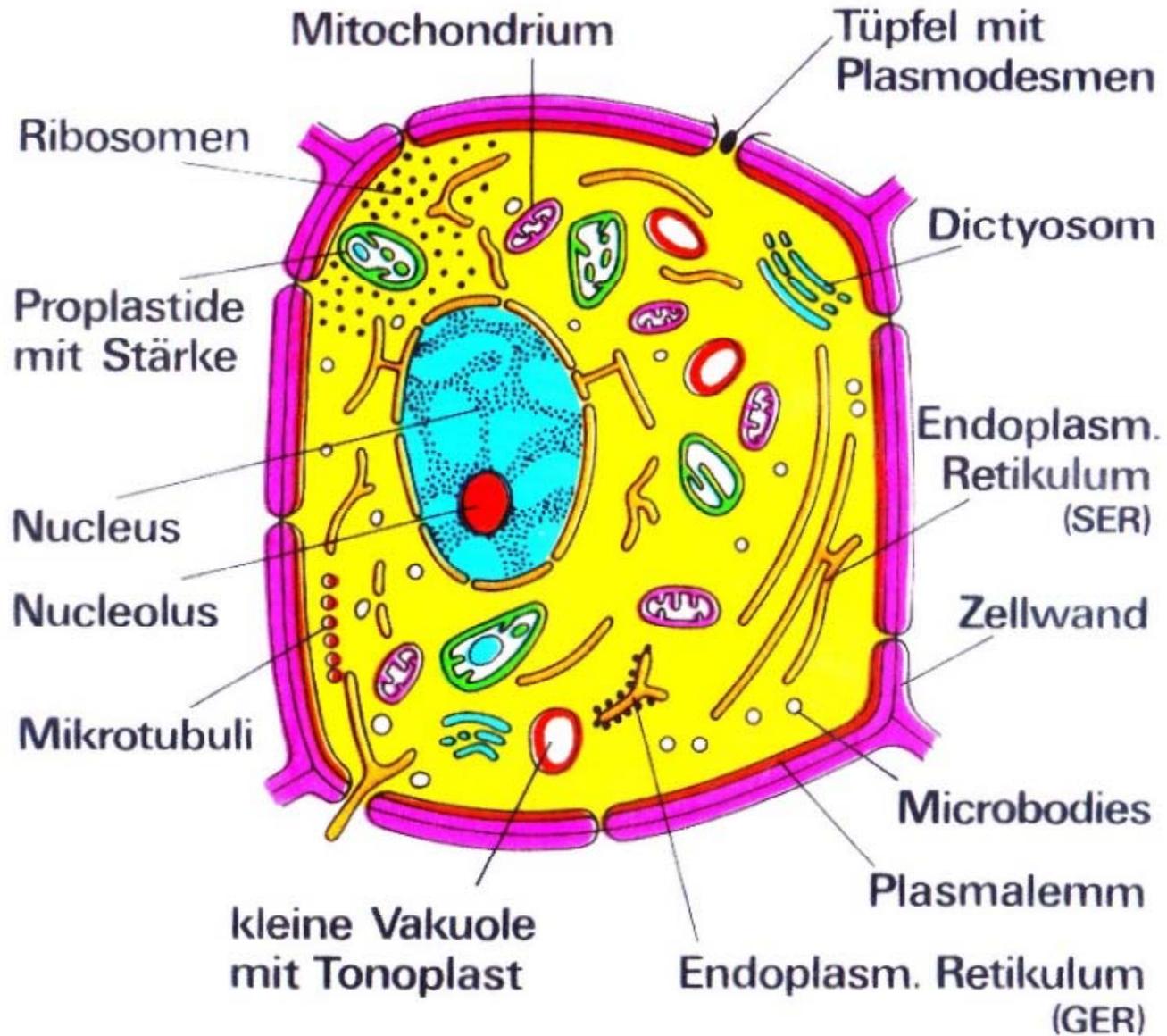
Wassergehalt

<u>Samen</u> : 10%	<u>Blätter</u> : 85%	<u>Speicherorg.</u> : 80%
<u>Getreide</u> : 15%	<u>Spinat</u> : 90%	<u>Kartoffel</u> : 75%
<u>Eicheln</u> : 35%	<u>Zuckerrübe</u> : 85%	<u>Zuckerrübe</u> : 80%
<u>Früchte</u> : 90%		
<u>Apfel</u> : 85%	<u>Gurke</u> : 95%	<u>Tomate</u> : 92%

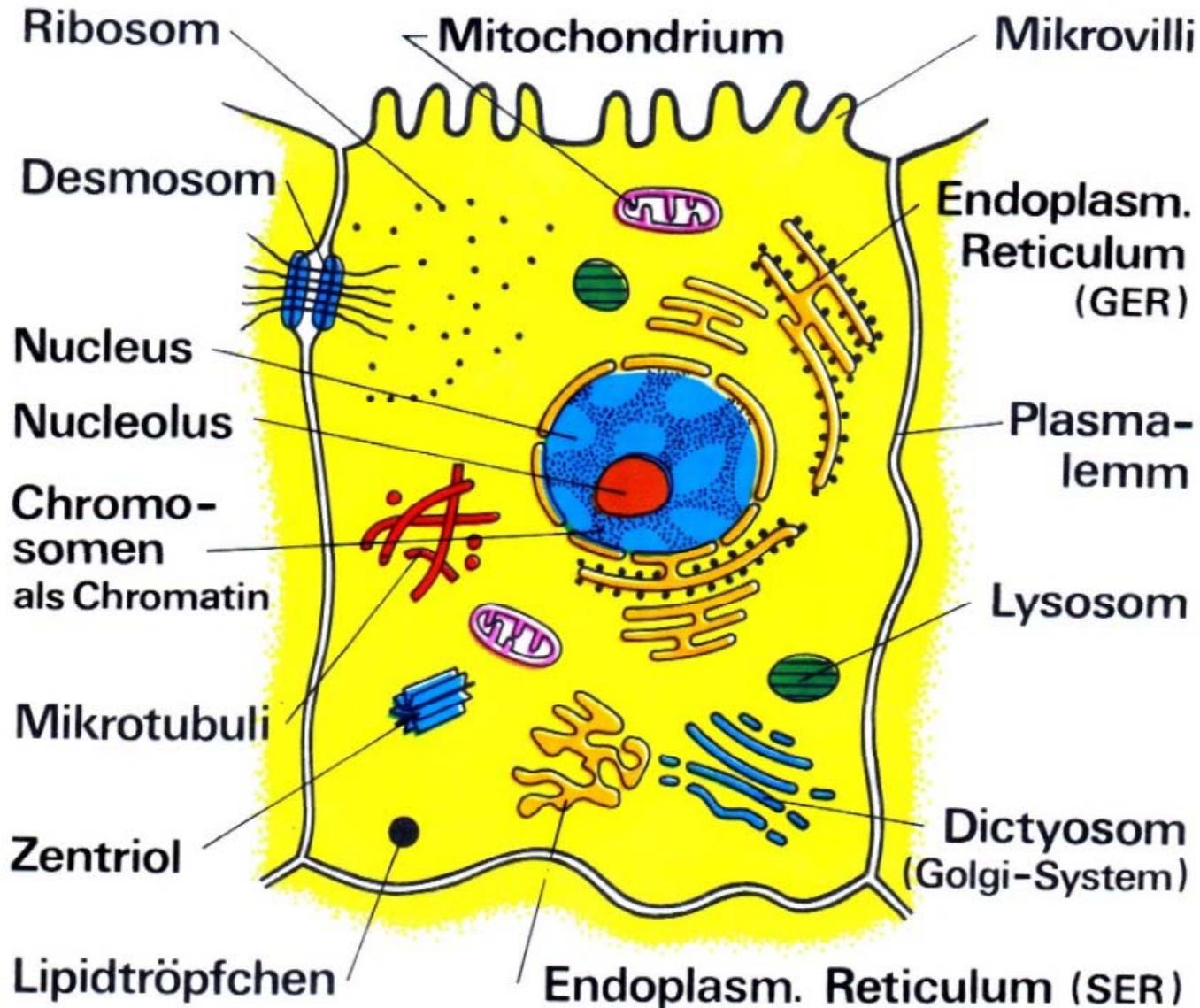
Wassergehalte in Pflanzen

Pflanzenmaterial	in % der FM
Blätter:	80 - 90
Spinat	ca. 90
Zuckerrübe	ca. 85
Wurzeln	70 - 90
Speicherorgane:	70 - 80
Zuckerrübe	ca. 80
Kartoffel	ca. 75
frisches Holz	40 - 50
Samen:	5 - 15
Ölsamen	5 - 7
Getreide	10 - 15
Früchte:	85 - 95
Äpfel	85 - 90
Gurken	92 - 95
Tomaten	92 - 93
Protoplasma	85 - 90
Chloroplasten	ca. 50
Mitochondrien	ca. 50

Euzyte (meristematische Pflanzenzelle)



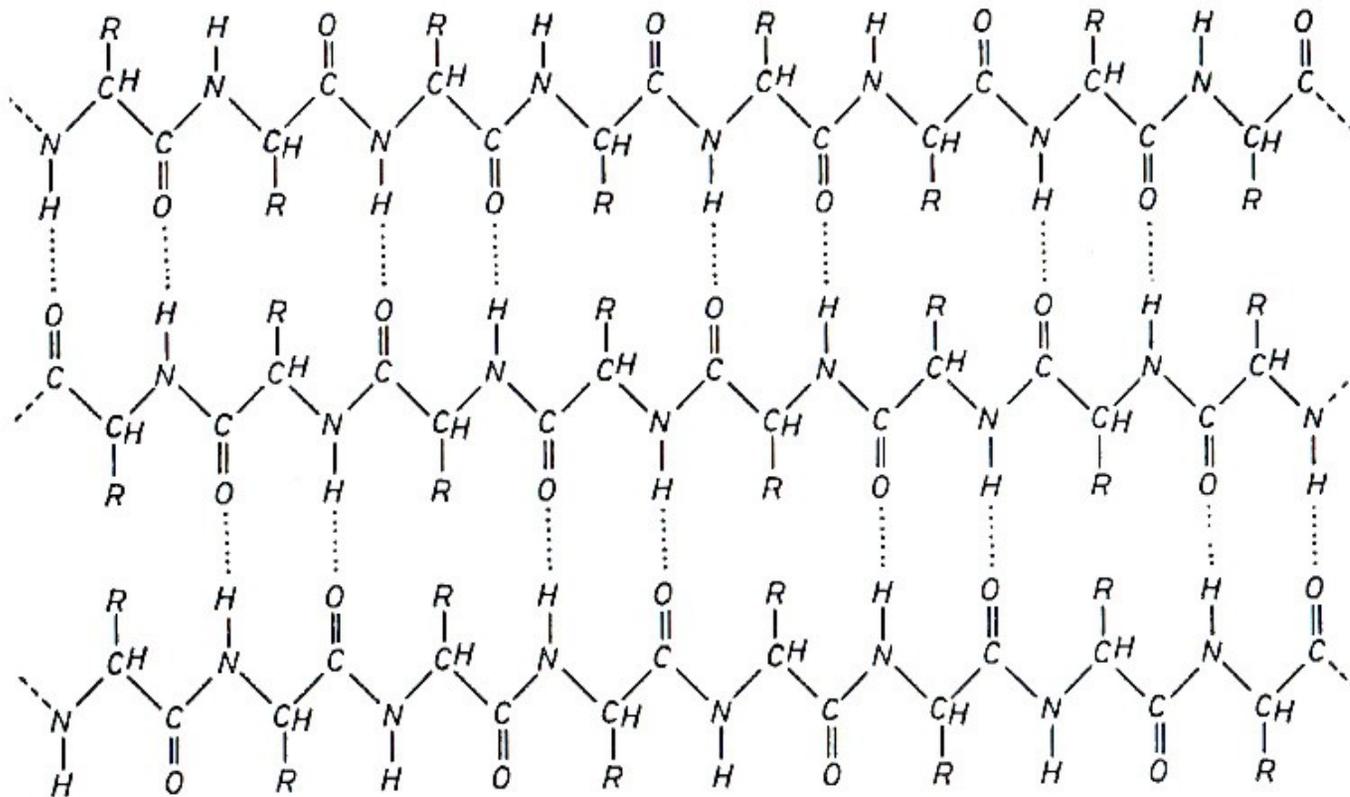
Euzyte (tierische Zelle)



Bedeutung des Wassers

- Quellungsmittel

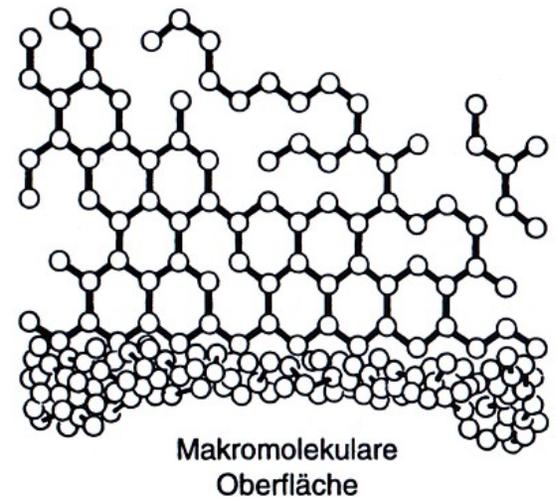
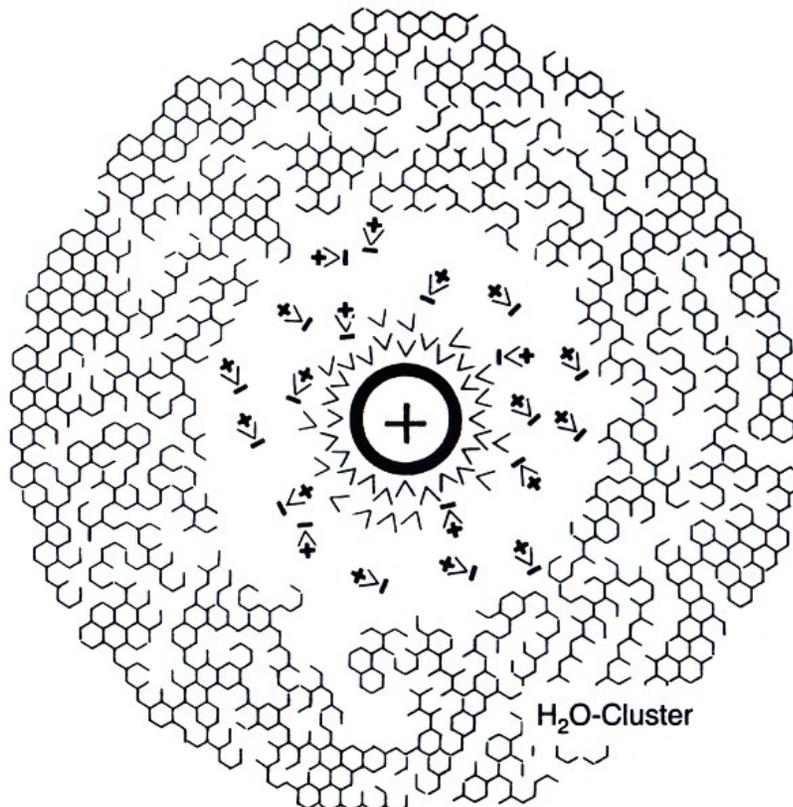
* Schutz von Makromolekülen

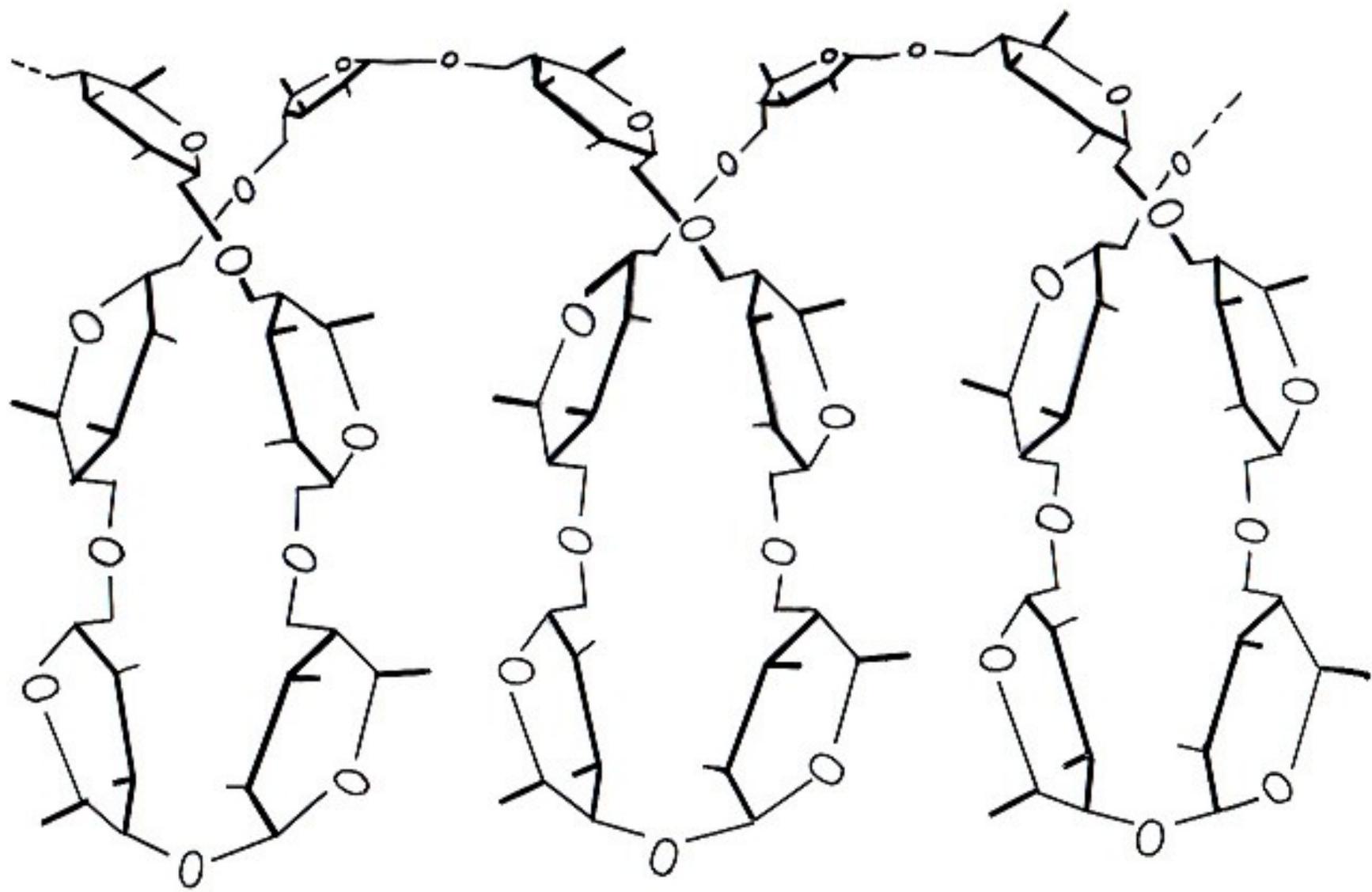


Bedeutung des Wassers

- Quellungsmittel

* Schutz von Makromolekülen

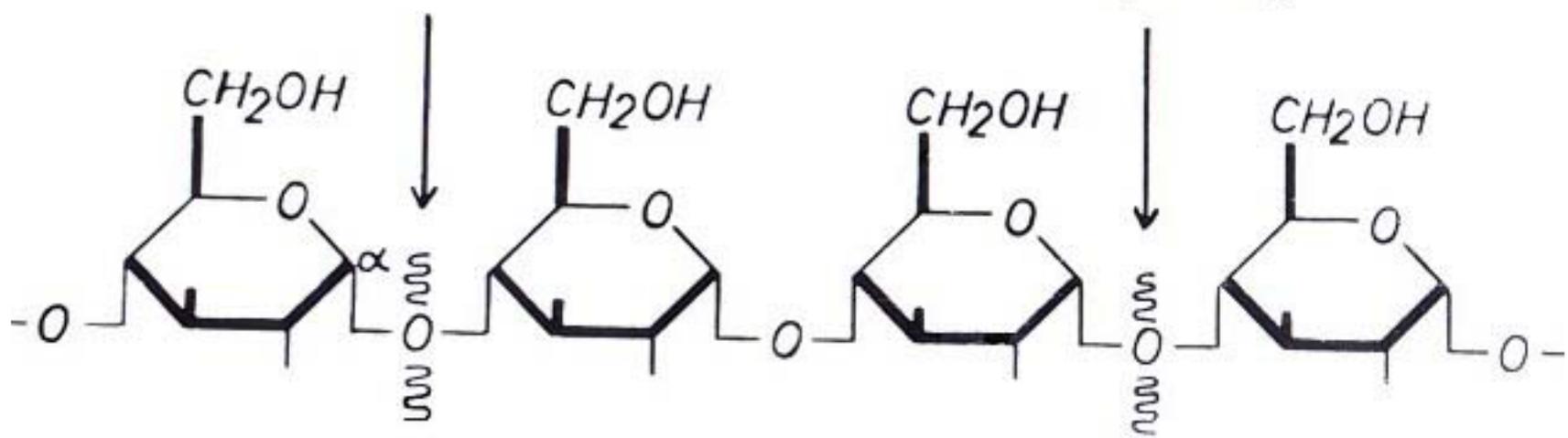




β - Amylase

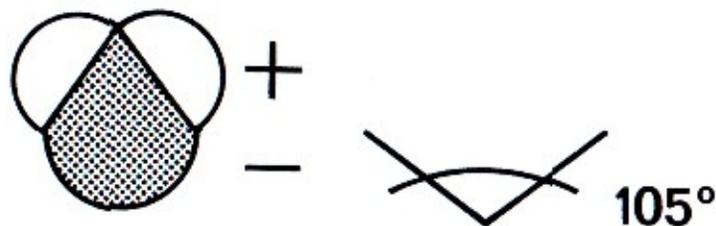
1. Spaltung

2. Spaltung

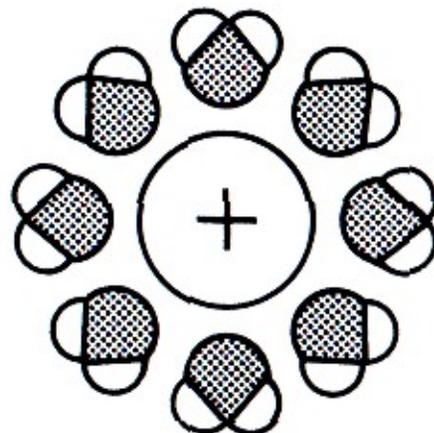


Eigenschaften und Bedeutung des Wassers

1.



2.



1. Dipolnatur

2. Hydratationsfähigkeit

3. Wasser als Lösungsmittel

4. Dissoziation



5. Hohe Verdampfungswärme

44 kJ mol⁻¹ (bei 25°C)

6. Schmelzwärme

6 kJ mol⁻¹

7. Hohe Kohäsion
(Ferntransport)

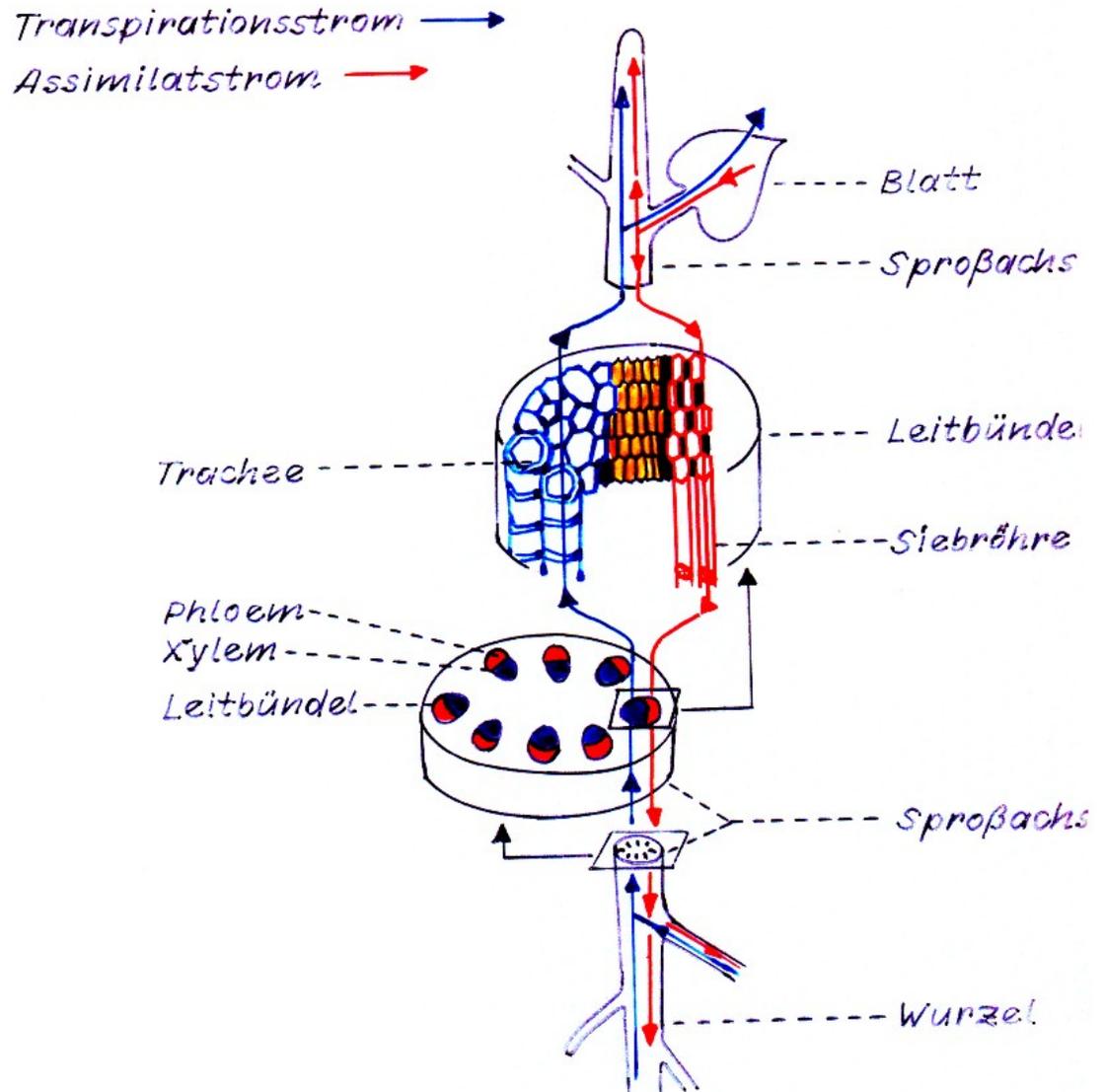
8. Reaktionspartner

- H₂O/O₂ Redoxsystem
- Wasserspaltung in der Photosynthese
- Hydrolysen
- Aufbau von Protonengradienten

Bedeutung des Wassers

- Quellungsmittel
- Lösemittel
- Reaktionsmittel
- Transportmittel

Transpirationswege der Pflanze



Bedeutung des Wassers

- Quellungsmittel**
- Lösemittel**
- Reaktionsmittel**
- Transportmittel**
- Kühlmittel**
- Lebensraum**
- Zellstabilität - Turgor**

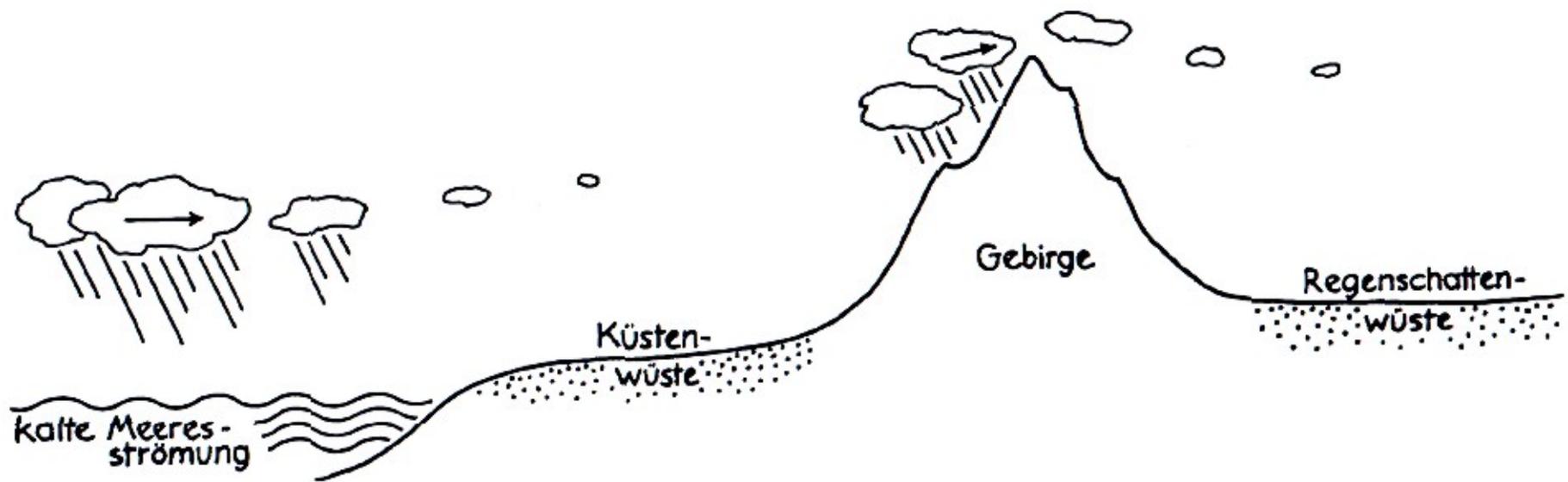
Die Wassermenge auf der Erde

(nach Böhlmann 1982 geändert)

	Wassermenge	
	in km ³	in %
<u>1. Ozeane</u>	1 300 000 000	<u>97,20</u>
<u>2. Gletscher und Polareis</u>	28 680 000	<u>2,16</u>
<u>3. Wasser in der Atmosphäre</u>	20 000	<u>0,002</u>
<u>4. Wasservorrat der Kontinente</u>	8 300 000	<u>0,64</u>
	<u>1 337 000 000</u>	<u>~100%</u>

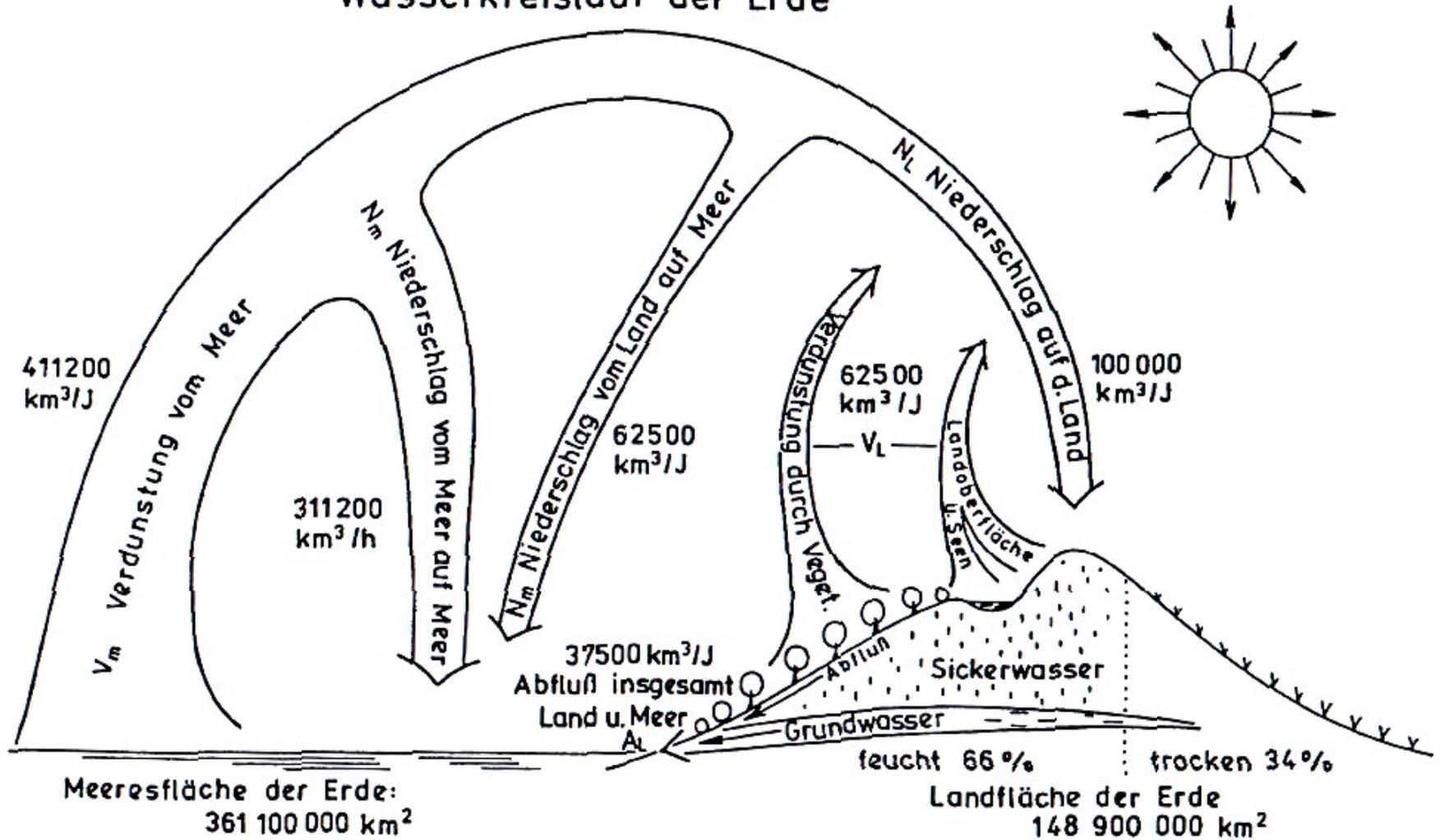
Der Wasservorrat der Kontinente teilt sich auf in:

4.1. Süßwasserseen	123 000	0,009
4.2. Salzwasserseen und Binnenmeere	100 000	0,008
4.3. Wasserläufe	2 000	0,0001
<u>4.4. Grundwasser (oberflächennah)</u>	<u>75 000</u>	<u>0,0056</u>
4.5. Grundwasser (bis 800m)	4 000 000	0,31
4.6. Grundwasser (in großen Tiefen)	4 000 000	0,31



Wüstenbildung an Küsten und im Lee von Gebirgen.

Wasserkreislauf der Erde



Der Wasserkreislauf der Erde. Nach MARCINEK in HENDL et al. 1978, verändert.

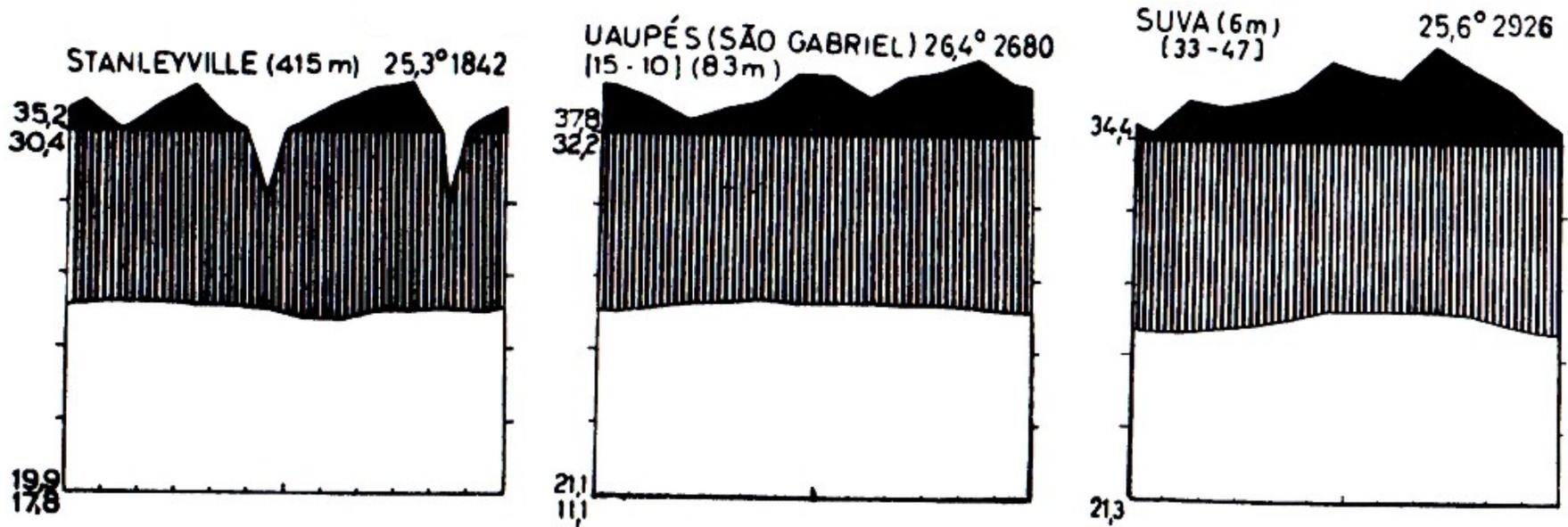
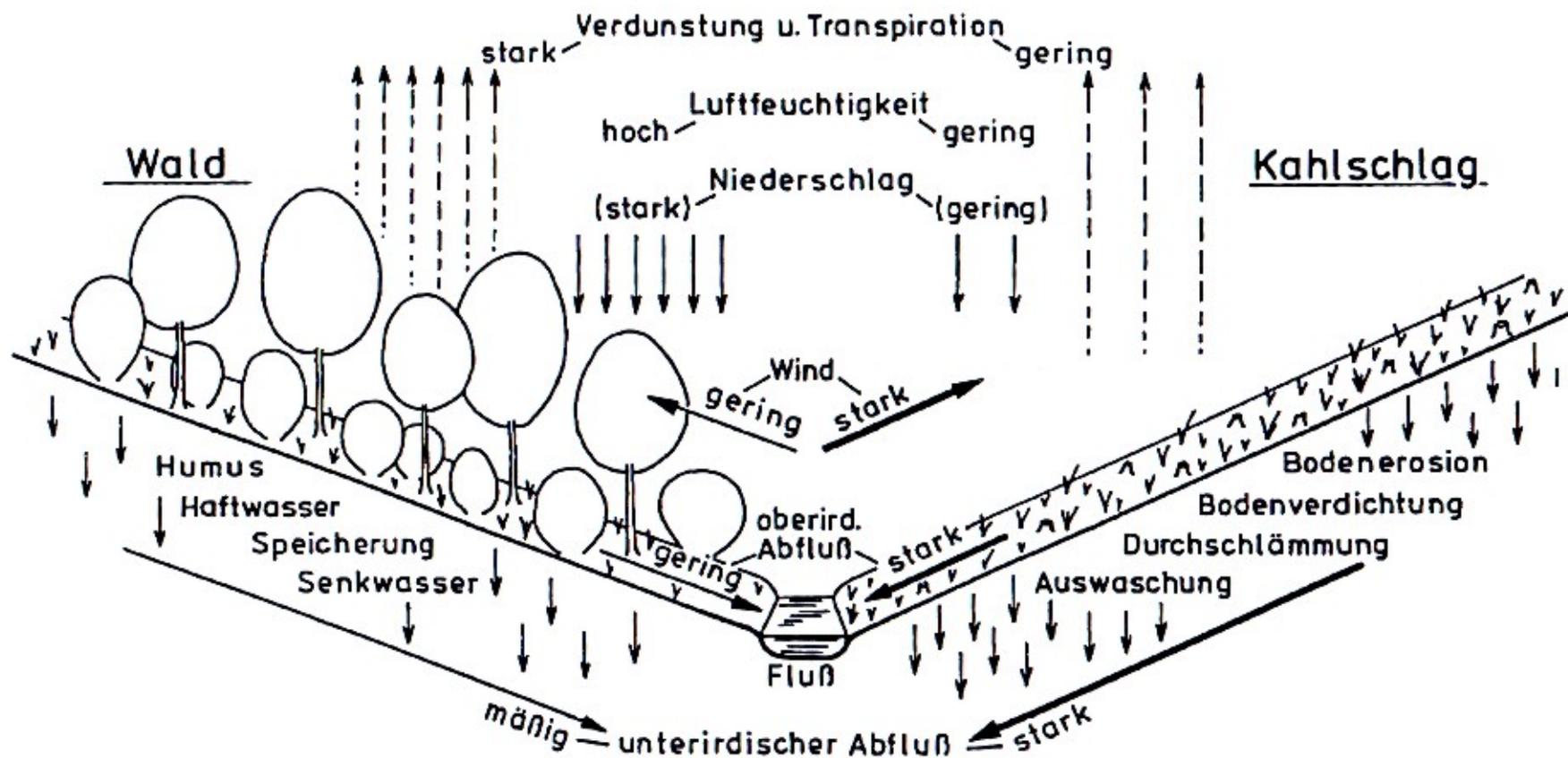
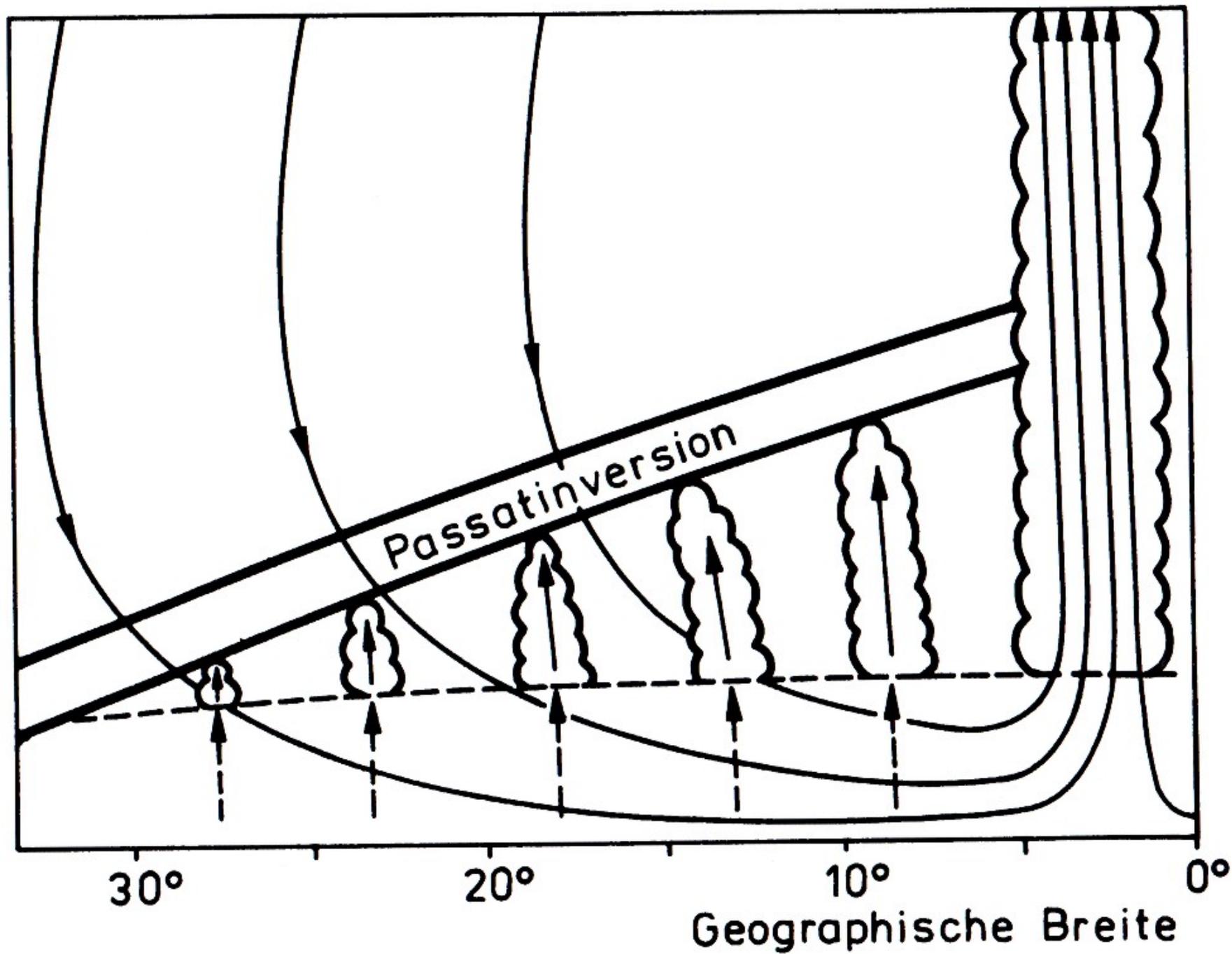


Abb. 23. Klimadiagramme von Stationen im tropischen Regenwaldgebiet: Kongo, Amazonasbecken und Neuguinea. nach WALTER



Wasserhaushalt im Wald und auf abgeholzter Fläche

Wasserhaushalt im Gelände bei unterschiedlicher Vegetationsbedeckung.



Zusammensetzung Luft: 78,1 Vol% N₂

20,9 Vol% O₂

0,95 Vol% Edelgase

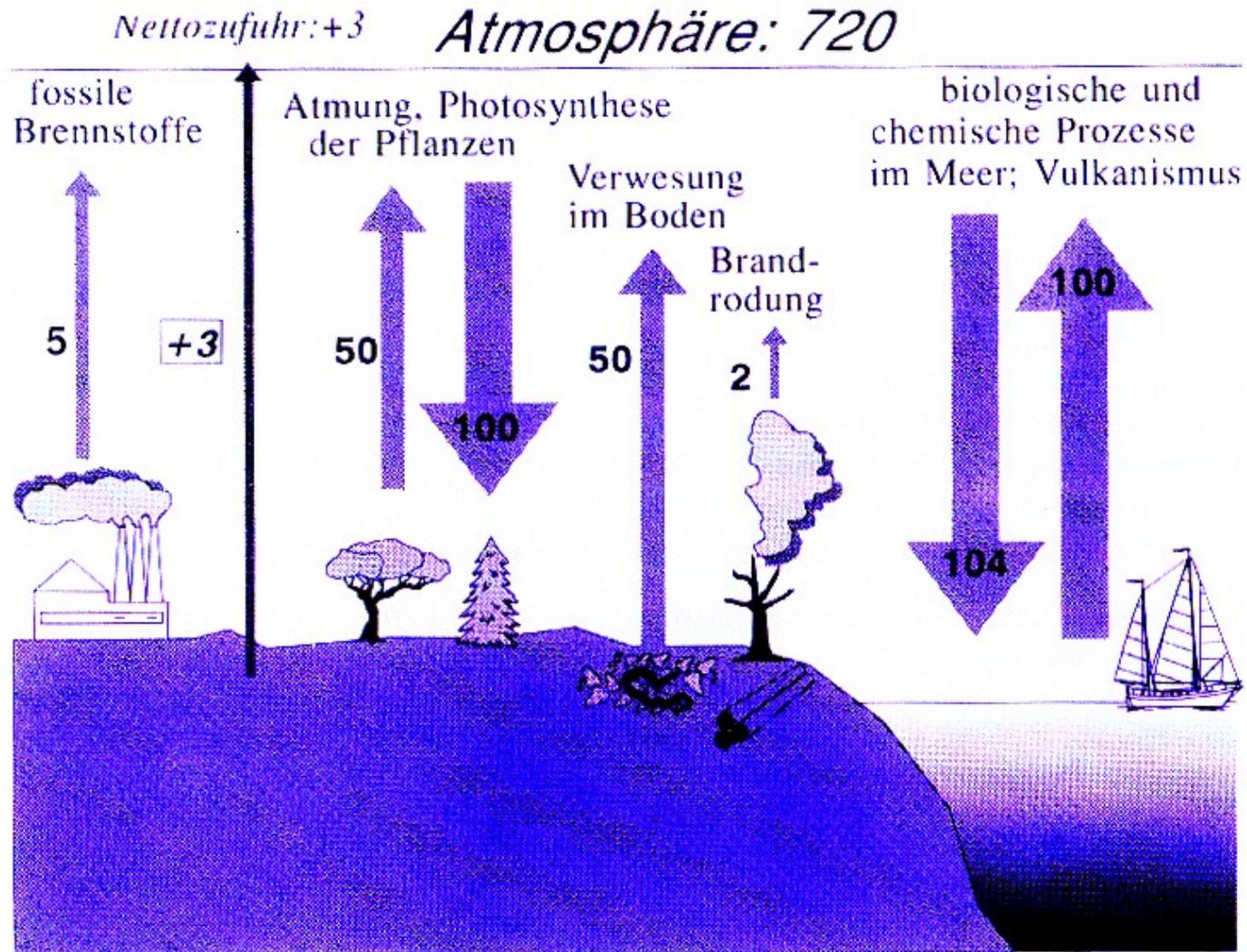
0,038 Vol% CO₂ [= 380ppm]

Photosynthese



Atmung aller Organismen

Globaler Kohlenstoffkreislauf (in Mrd. t)



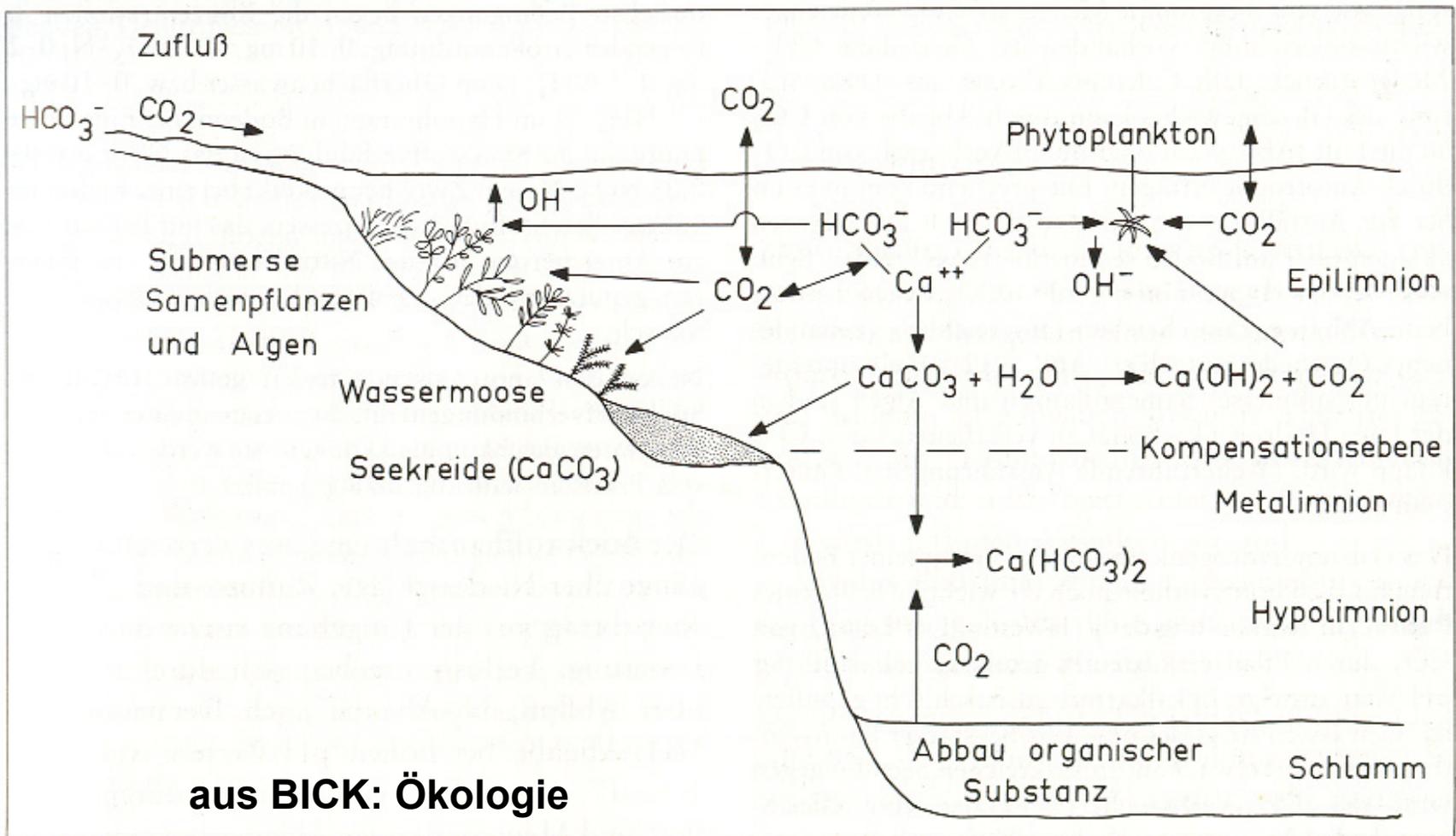
Die jährliche Netto-Steigerung von CO₂-C in der Atmosphäre beträgt etwa 3 Mrd. t. Dies entspricht einer Zunahme der atmosphärischen CO₂-Konzentration um etwa 1,5 ppm a⁻¹.

Quelle: FISCHER 1984, SCHNEIDER 1989.

Pufferkapazität der Meere für CO₂)

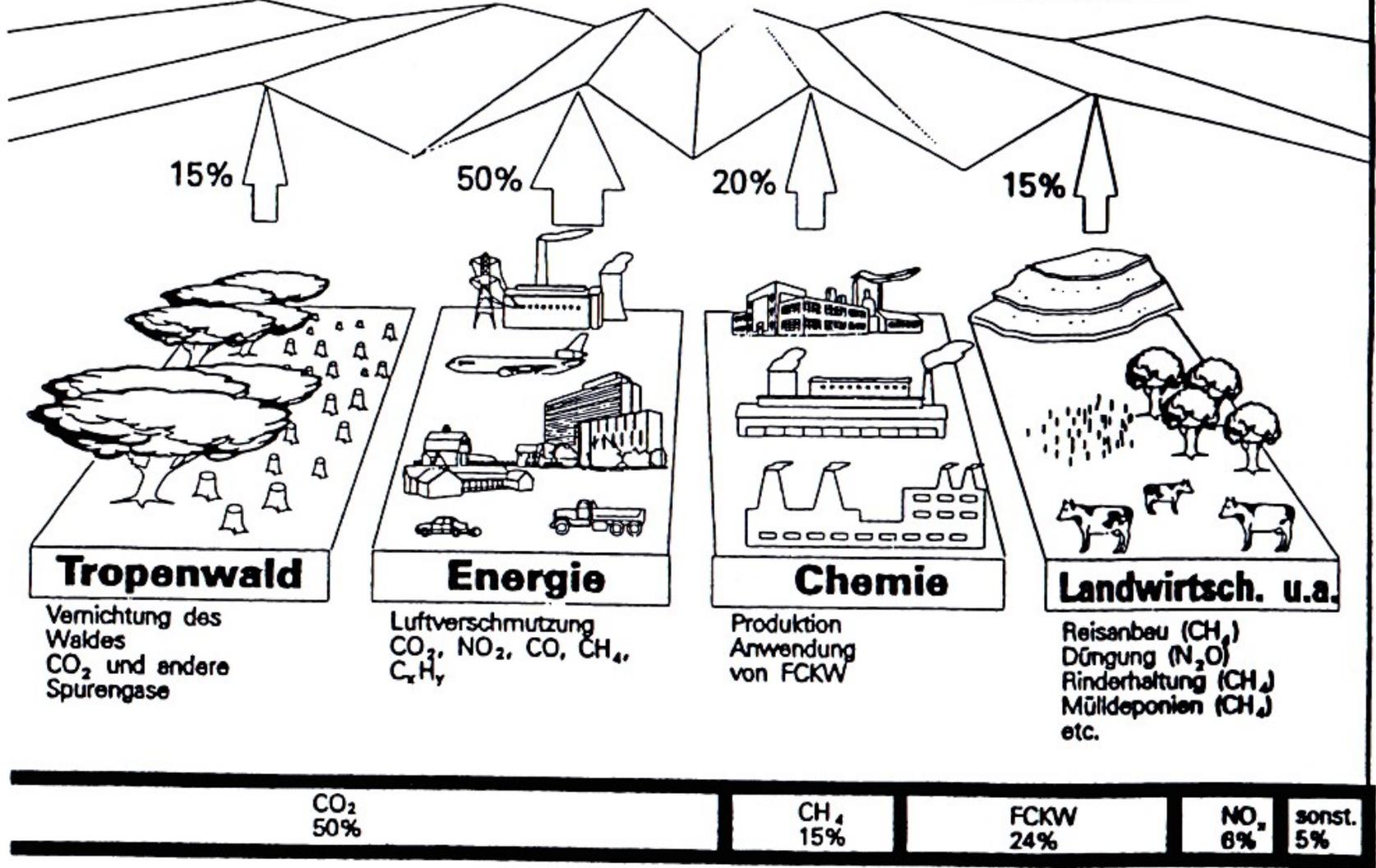


in Abhängigkeit vom pH-Wert des Wassers



aus BICK: Ökologie

Ursachen des zusätzlichen Treibhauseffektes



Weltweite Anteile am zusätzlichen Treibhauseffekt $\approx 100\%$

nach F. BUDE 1994

Elementare Zusammensetzung der Pflanzen

Element	Anteil (g/ kg TM)
H	60
C	450
O	450
N	15
K	10
Ca	5
Mg	2
P	2
S	1
Fe	< 1
Spurenelemente	< 5

Wichtige Elemente für das Pflanzenwachstum

Merksatz:

COHNS Margarete Kocht Prima Ca Fe

		Vorkommen (%)			
		Erdkruste	Wasser	Atmosphäre	
C	CO ₂ , org. Verb.	0,2	0,001	0,03	} organische Substanzen
O	O ₂ , H ₂ O	47,0	88,0	20,7	
H	H ₂ O	0,2	11,1	—	
N	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺ , N ₂	Sp	Sp	79,0	Proteine
S	SO ₄ ⁻⁻	Sp	0,02	—	Proteine
Mg	Mg ⁺⁺	2,2	0,03	—	Chlorophyll
K	K ⁺	2,5	Sp	—	Quellung des Plasmas
P	PO ₄ ⁻⁻⁻	Sp	Sp	—	Nukleinsäuren, Energistoffwechsel
Ca	Ca ⁺⁺	3,5	Sp	—	Entquellung des Plasmas
Fe	Fe ⁺⁺ , Fe ⁺⁺⁺	4,5	Sp	—	Enzyme

Der Boden als Nährstoffquelle (1)

1. Herkunft der Nährstoffe

K^+ , Mg^{2+} aus Silikaten (Feldspat, Glimmer) und Tonmineralien

PO_4^{3-} aus Apatiten ($Ca_5(PO_4)_3 \cdot OH$) und Humusstoffen

N vorwiegend organisch gebunden (ca.95%): Pflanzenreste, Humusstoffe

Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} aus Karbonaten (Dolomit: $CaCO_3 \cdot MgCO_3$,

Kalkspat: $CaSO_4 \cdot 2H_2O$)

2. Freisetzung der Nährstoffe durch Verwitterung

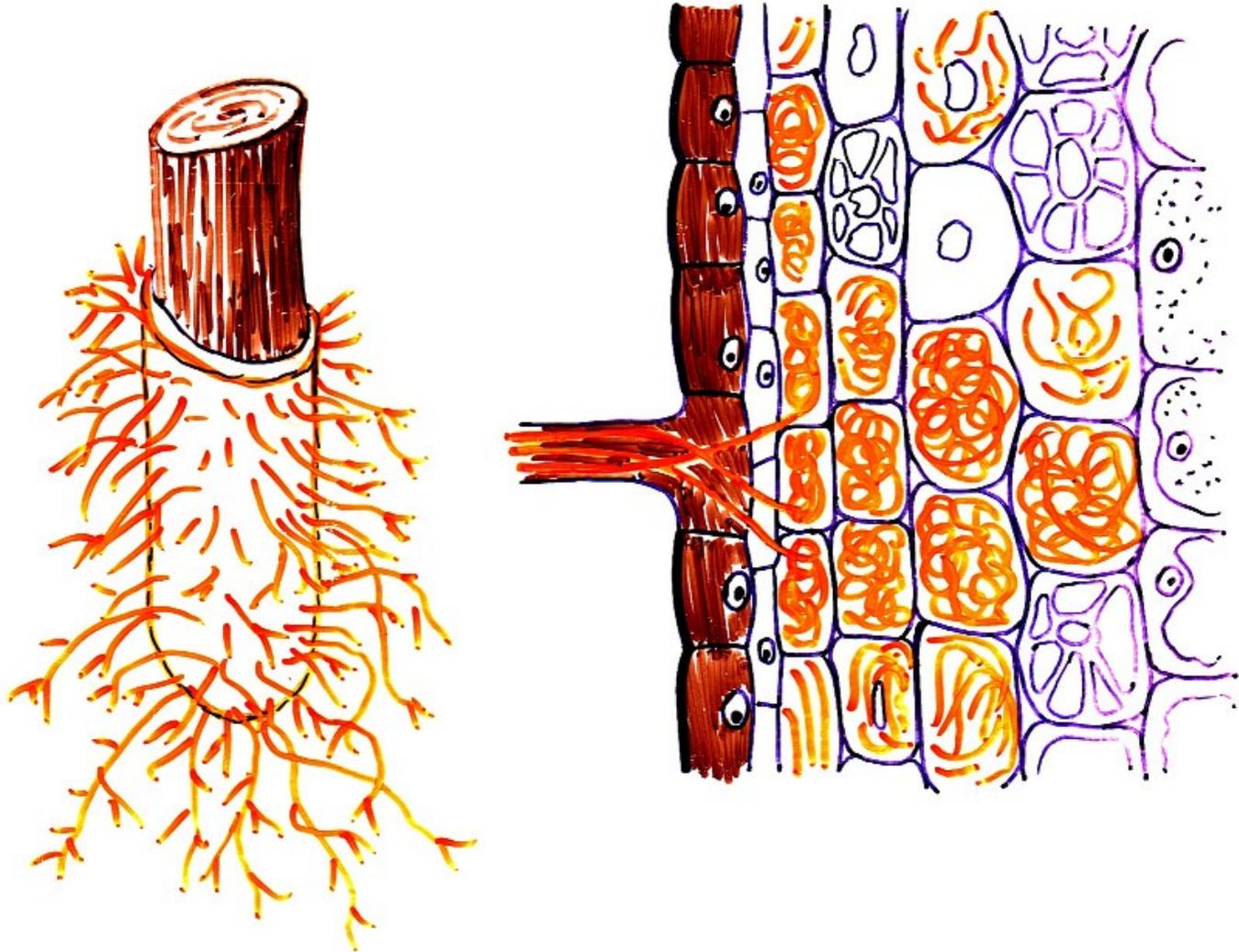
- Physikal. Verwitterung: Frostsprengung \rightarrow Oberflächenvergrößerung
- Chem. Verwitterung: Lösung, Hydrolyse, Oxydation
- biologische Verwitterung: Wurzelaktivität, Mineralisierung, Humifizierung

3. Verteilung der Nährstoffe im Boden

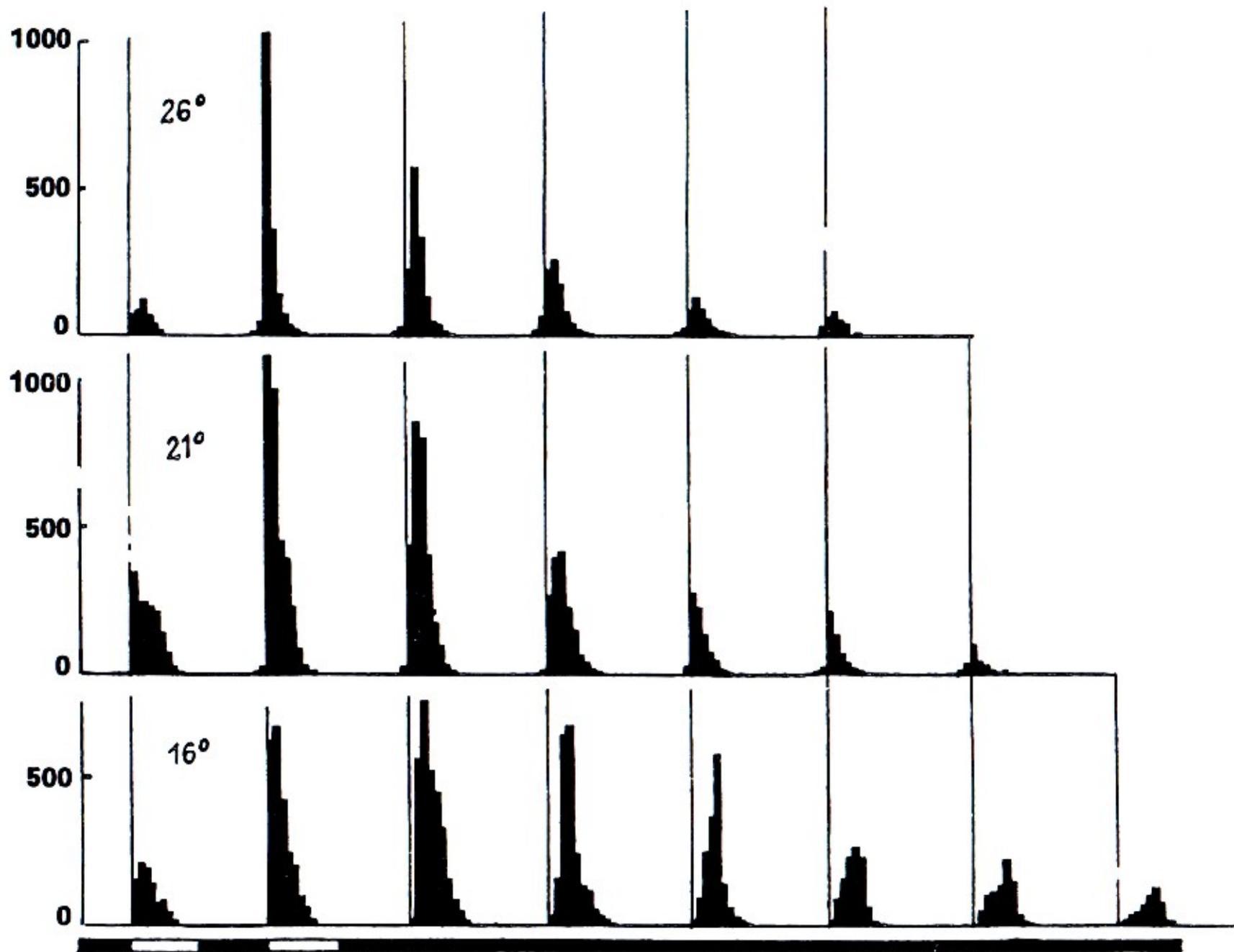
in Prozent

- Im Bodenwasser gelöst, leicht verfügbar < 1%
- Bindung am Sorptionskomplex der Bodenteilchen
Tone, Humusstoffe mit ca. 500 m² Oberfläche /g,
unterschiedlich verfügbar bis 2%
- Organisch gebunden in Pflanzenresten, Mikroorganismen,
Humusstoffen, unterschiedlich verfügbar } ca. 97%
- Mineralisch gebunden, kaum verfügbar

Mycorrhiza

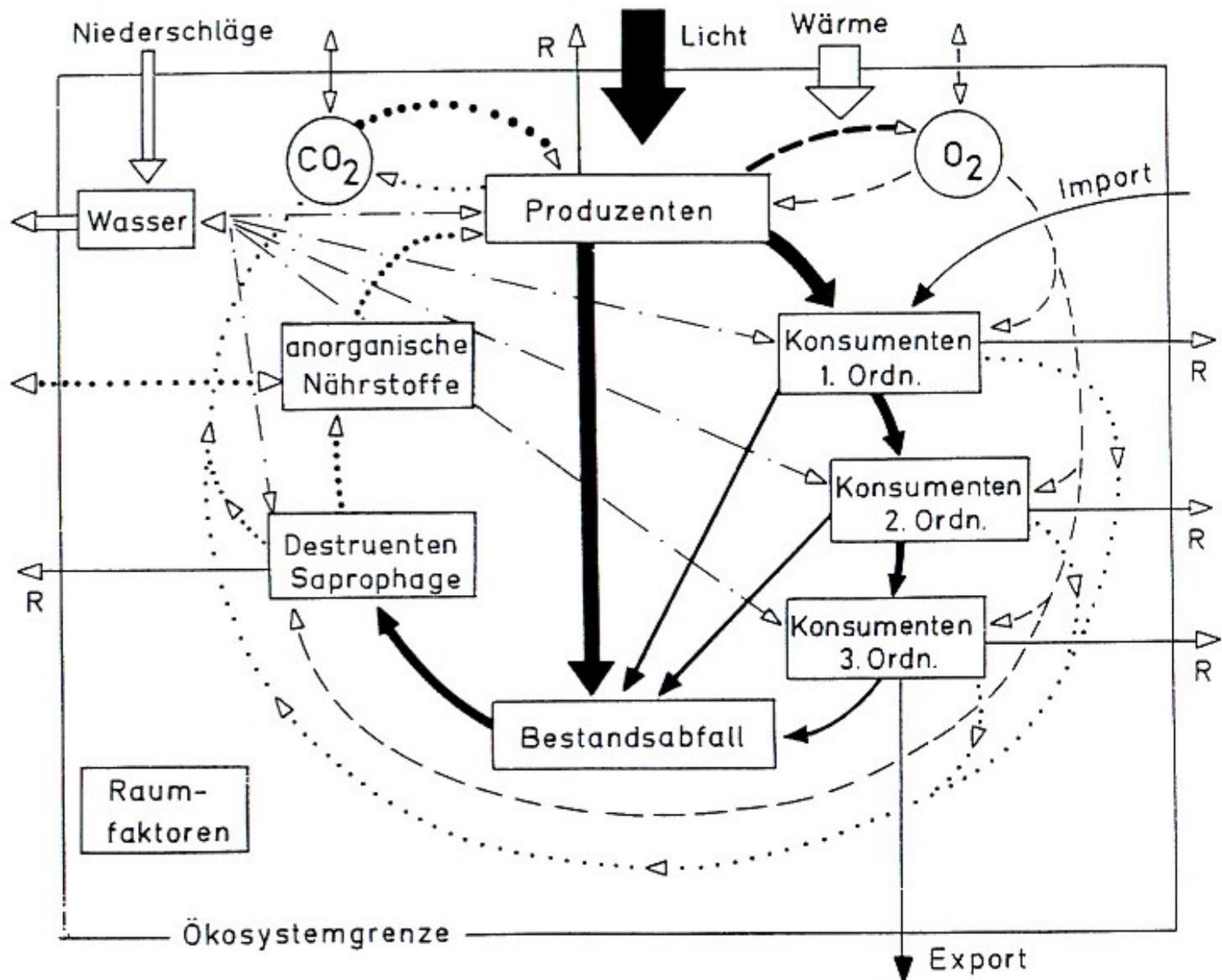


Anzahl Fliegen

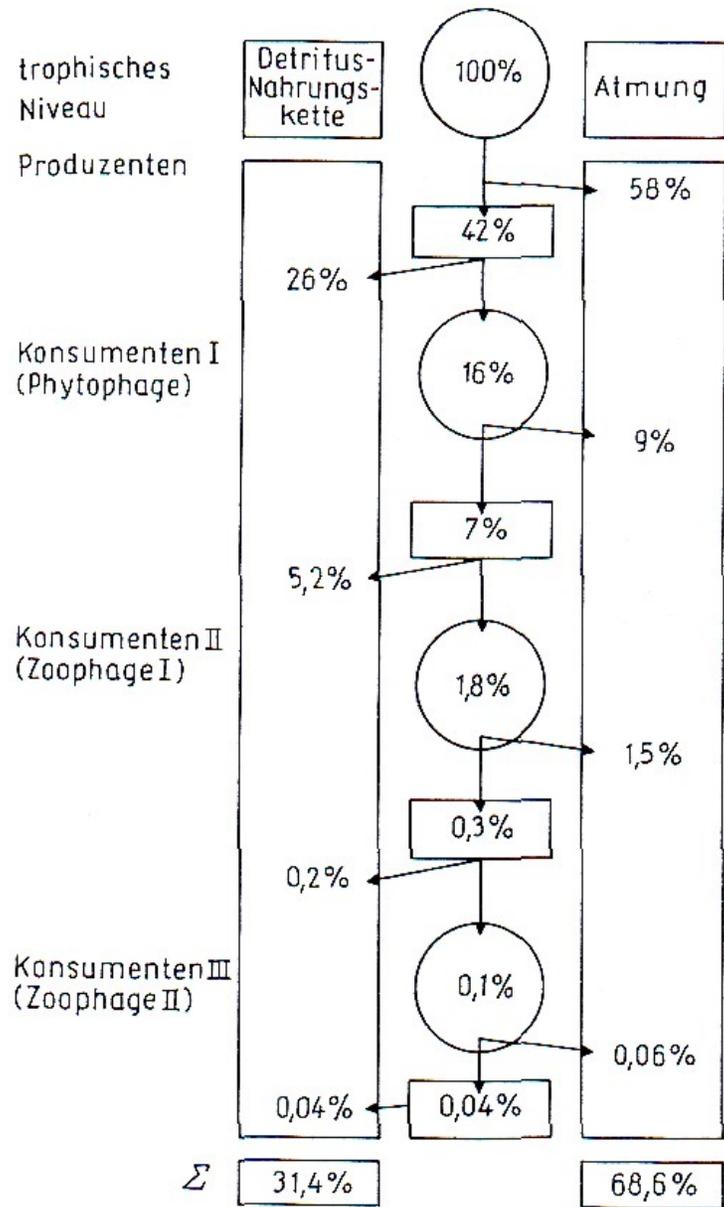


Standortanforderungen der Meeresassel *Ligia oceanica*:

Wasser	Bodensubstrat	Nahrung	Entwicklung
3 Faktoren optimal: → optimale Entwicklung			
Salzwasser	Sand	Salzwasseralgen	+++ (optimal)
nur 2 Faktoren optimal: → Kultivierung möglich			
Süßwasser	Sand	Salzwasseralgen	+
Salzwasser	Schlamm	Salzwasseralgen	+
Salzwasser	Sand	Süßwasseralgen	+
1 Faktor optimal: → Kultivierung nicht möglich			
Süßwasser	Schlamm	Salzwasseralgen	-
Süßwasser	Sand	Süßwasseralgen	-
Salzwasser	Schlamm	Süßwasseralgen	-



Brutto-Primärproduktion



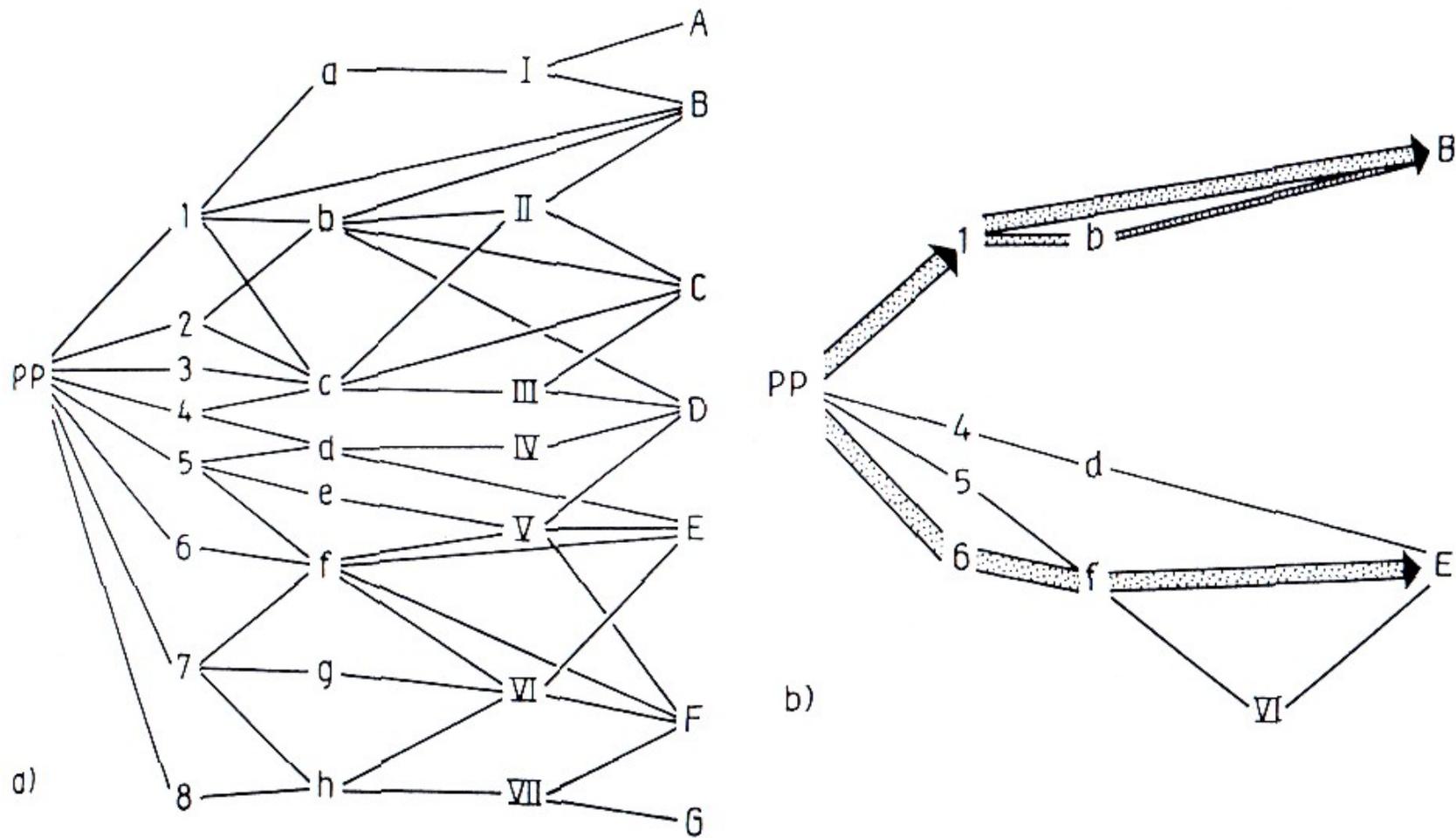


Abb. 4.19. Hypothetisches Nahrungsnetz (a), in b Nahrungsströme quantifiziert und die geringerwertigen ($< 0,1\%$) fortgelassen. – Nach Remmert.

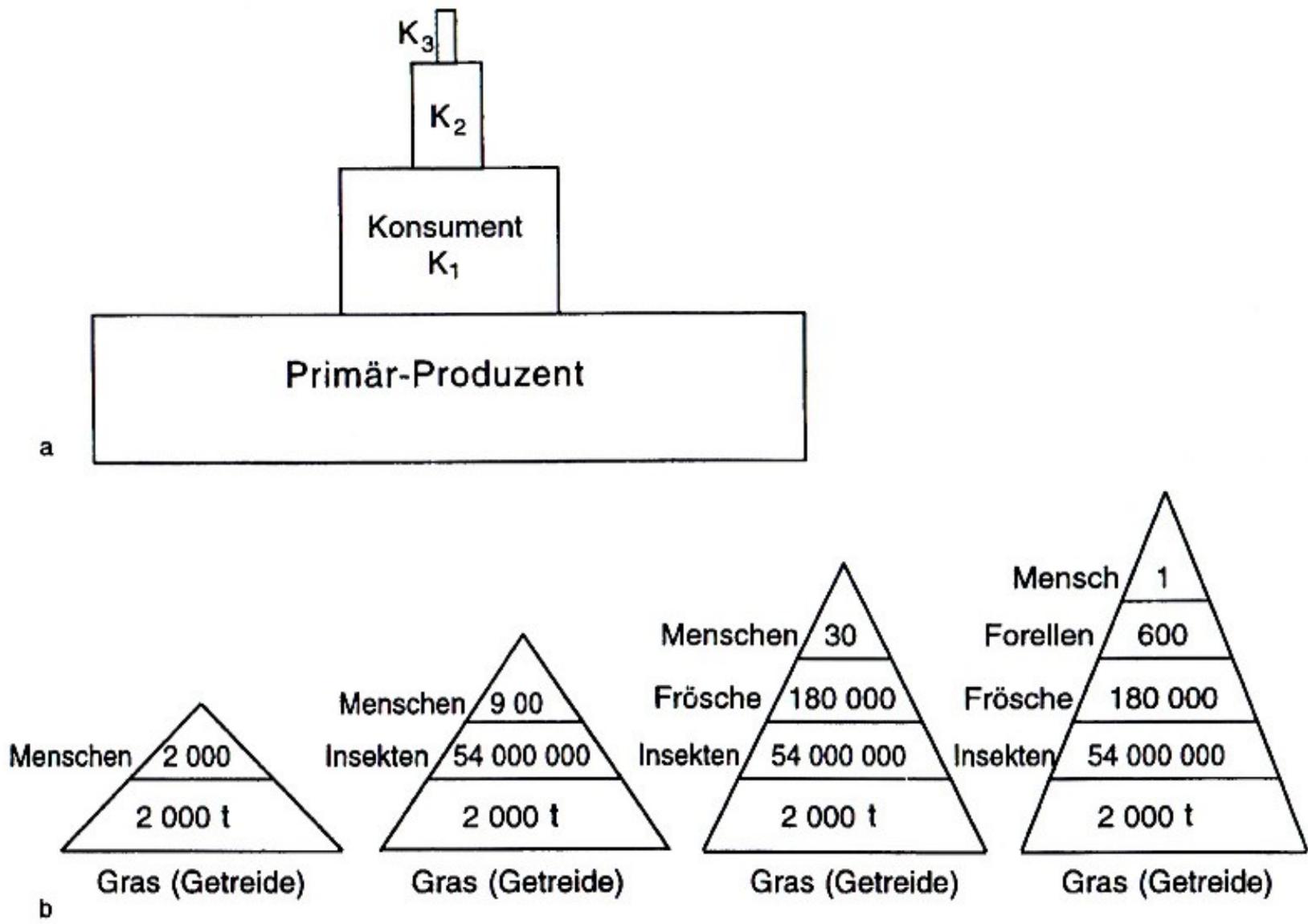


Abb. 1.4. Nahrungspyramide (a) und Biomassenpyramide (b).

IV Nahrungspyramiden

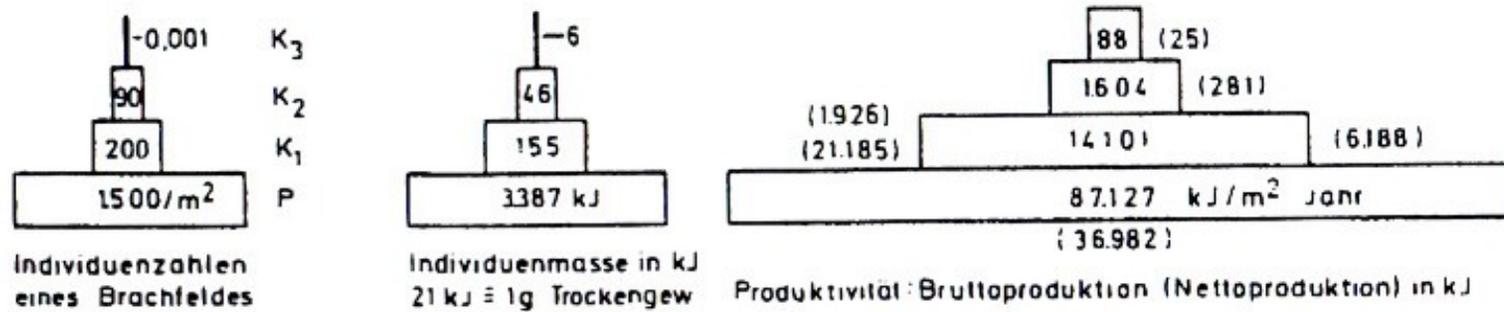


Abb. 2.50. Herbivore Nahrungskette und Energiefluß. Nach ODUM 1975, verändert.

Es bedeuten: L = Gesamtmenge des eingestrahlteten Lichtes; La = Betrag des vom Primärproduzenten absorbierten Lichtes; Ln = Betrag des vom Primärproduzenten nicht absorbierten Lichtes; Wv = Energieverlust durch Wärmeabgabe; A = Energieverlust durch Atmung; Pb = Bruttoprimärproduktion; Pn = Nettoprimärproduktion; Sb = Sekundärbruttoproduktion; Sn = Sekundärnettoproduktion; Ne = Energieverlust durch Atmung und Energieexport; Nu = Energieverlust beim Energietransport in die nächste Trophieebene; P = Primärproduzenten; K₁ = Primärkonsumenten; K₂ = Sekundärkonsumenten; K₃ = Endkonsumenten.

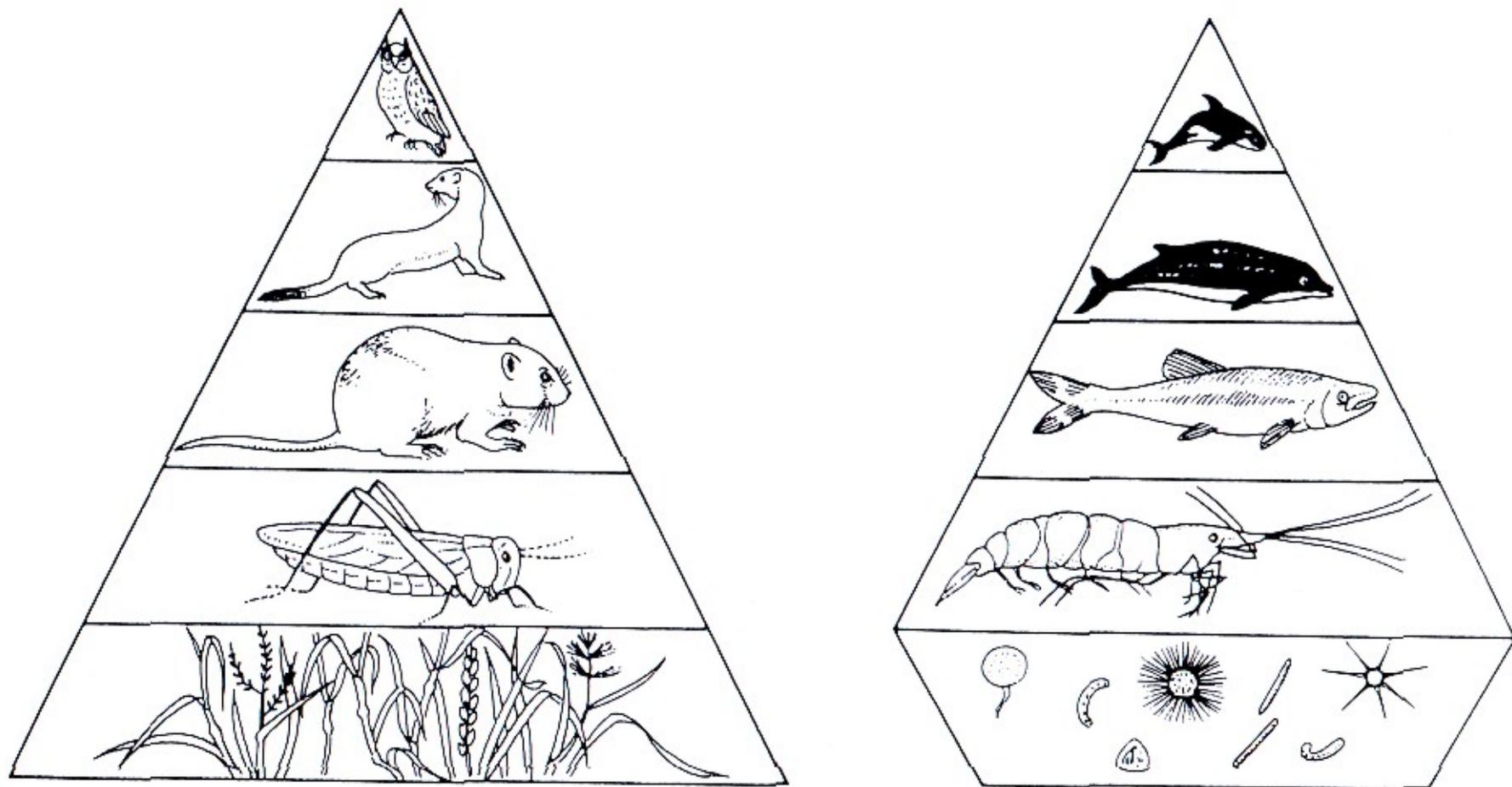


Abb. 4.22. Beispiele von Biomassepyramiden für Nahrungsketten in Land- und Gewässerökosystemen. – Nach Altenkirch.

$$\text{Ökologischer Wirkungsgrad} = \frac{\text{aufgenommene Energie Konsument Kx}}{\text{aufgenommene Energie Konsument Kx} - 1} \times 100$$