

Ökosysteme & deren anthropogene Belastung

2 Organismus und Umwelt I

.....oder wo Organismen warum und wie leben

Mag.^a Katharina Zmelik

- Abiotische Umweltfaktoren:
 - Temperatur
 - Salzgehalt
 - Wasser

- *Exkurs:* Klima

- Ressourcen:
 - Lichtstrahlung

Wo lebt eine Art überhaupt?

Bereich in dem Leben generell möglich ist

Biosphäre



Definiertes System in dem diese und andere Arten vorkommen

Ökosystem



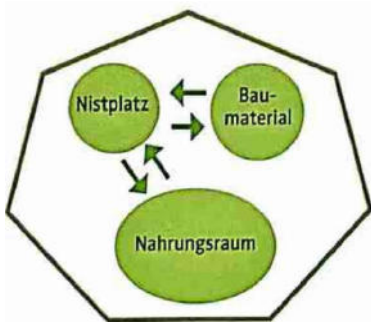
Habitat

= räumlich abgegrenzter Aufenthaltsbereich einer Tier- oder Pflanzenart innerhalb eines Biotops, z.B. Krautschicht im Wald



Biotop

= Lebensraum einer Lebensgemeinschaft (Biozönose), z.B. Wald



Gesamtlebensraum einer Biene.

Gesamtlebensraum einer Biene mit den unterschiedlichen benötigten Teil Lebensräumen (Westrich, 2018)

Wieso lebt sie dort?

- Die **Wechselbeziehungen zwischen Organismen und ihrer Umwelt** bestimmen ihre **Verbreitung und Häufigkeit**
- **Umwelt:** „...Komplex aller direkten und indirekten Beziehungen eines Organismus (oder einer Population oder Lebensgemeinschaft) zur übrigen Welt.“ (Spektrum Akademischer Verlag, 1999)
- **Autökologie (autecology):** beschäftigt sich mit dem Einzelorganismus oder einer einzelnen Art in Bezug auf seine Wechselwirkungen mit der abiotischen & biotischen Umwelt



© WildMedia-stock.adobe.com (WildMedia / stock.adobe.com)

Abiotische & Biotische Umwelt eines Organismus

Umweltbedingungen /-faktoren und **Ressourcen** sind zwei **unterschiedliche Eigenschaften** von Lebensräumen, die bestimmen wo Lebewesen existieren können:

- **Abiotische Umweltbedingungen/Umweltfaktoren** (*conditions*): physikalisch-chemischen Eigenschaften der Umgebung, z.B. Temperatur, pH-Wert, Salzgehalt – werden **nicht konsumiert oder verbraucht!**
 - **Ressourcen** (*resources*): werden von Organismen im Zuge **ihres Wachstums und Entwicklung verbraucht und umgewandelt**, z.B. Sonnenstrahlung, Kohlenstoffdioxid, Wasser, anorgan. Nährstoffe (N, P,..), Biomasse andere Organismen, Sonderfall: Fortpflanzungspartner
- **Biotische Interaktionen** (Konkurrenz, Nahrungsbeziehungen,..)

Bestimmen die
Verbreitung und
Häufigkeit einer
Art

Abiotische Umweltfaktoren

Zu den *Abiotischen Faktoren* zählen:

- **Temperatur**
- **Feuchtigkeit (Luftfeuchte, Wasser als Medium)**
- **pH-Wert**
- **Salzgehalt, ...**

Wichtig: Abiotische Faktoren können **lokal** zwar **von Lebewesen verändert** werden, werden aber **nicht durch die Aktivität von Lebewesen verbraucht!!!**



Von Stefan Wernli - Eigenes Werk, CC BY-SA 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=836375>

Exkurs:

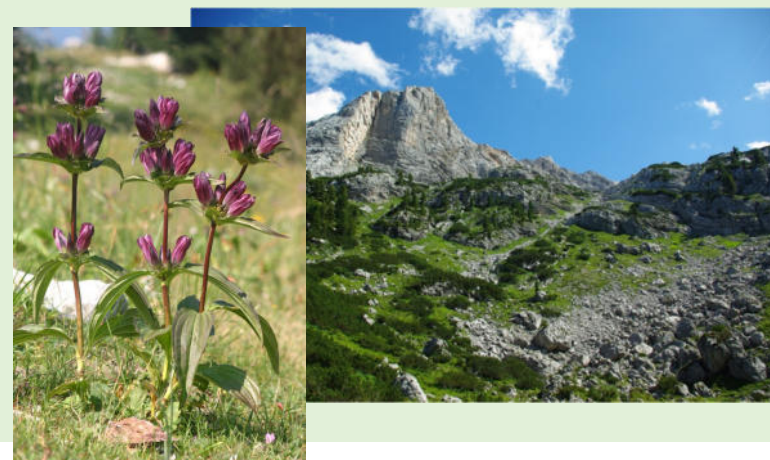
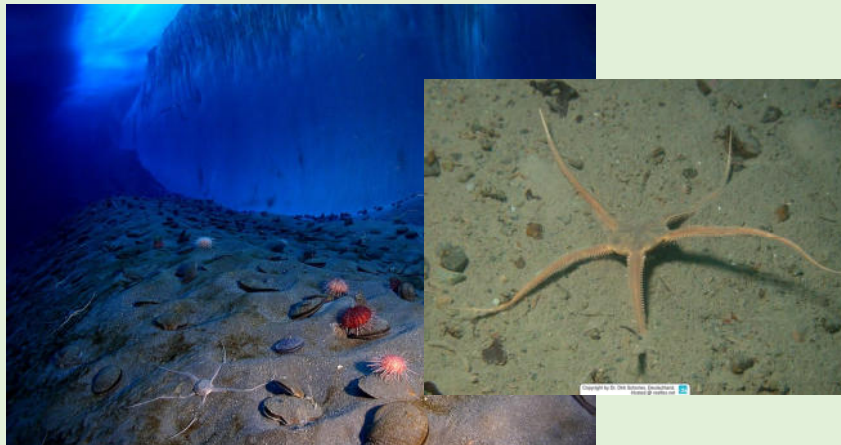
Was meinen wir mit „rau“, „günstig“ und „extrem“ im Hinblick auf Umweltfaktoren?

➤ Wertende/emotionale Eigenschaften aus der Sicht des Menschen!



Von Stefan.lefnaer - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=29006731>

© <https://www.nationalparksaustria.at/de/news-detail-aktuelles/sodaschnee-schon-im-april.html>

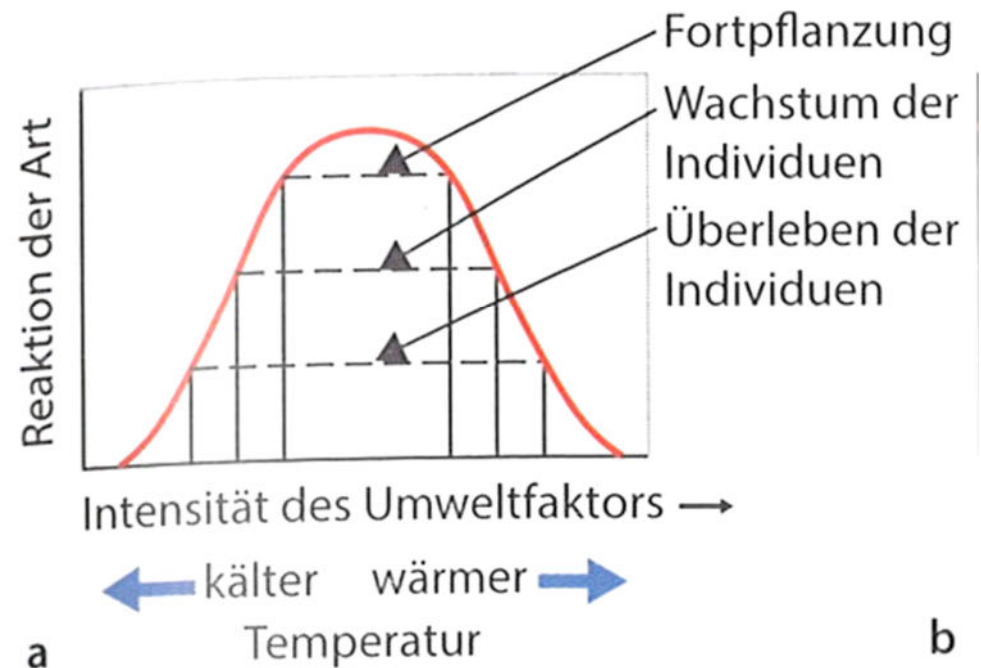


Von HermannSchachner - Eigenes Werk, CC0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=24616761>

- **Abiotischen Faktoren** rufen eine Reihe von **physiologischen Reaktionen** hervor → diese bestimmen weitgehend, ob die **physikalische Umwelt bewohnbar** ist oder nicht
- **Organismen reagieren unterschiedlich** auf die Bedingungen ihrer Umwelt (abiotische Faktoren und auch Ressourcen)
- 3 Typen von Reaktionskurven:

Optimumkurve:

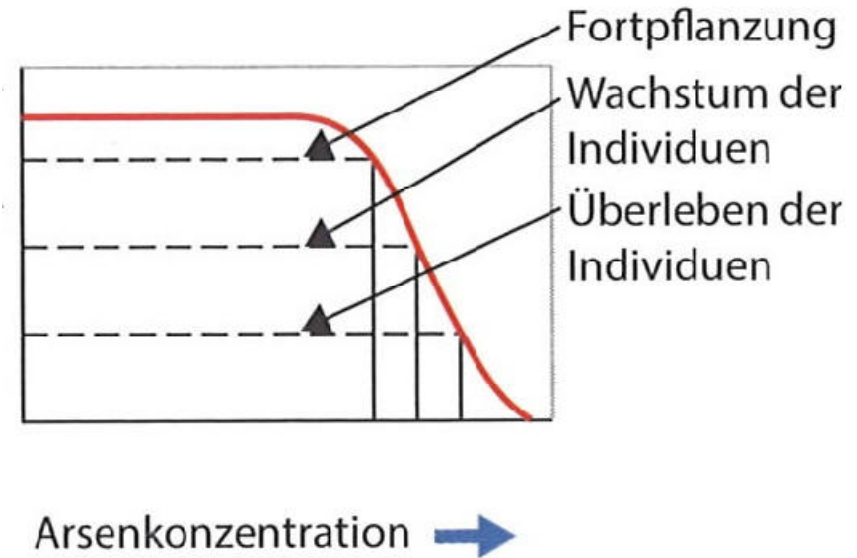
- Extrembedingungen wirken sich letal aus, weniger extreme verhindern ein Wachstum und nur optimale Bedingungen ermöglichen Reproduktion
- Je näher man dem Optimum, umso stärker/wahrscheinlicher sind Wachstum und Fortpflanzung
- Für versch. Organismen ergeben sich untersch. Reaktionskurven
- ähnliche Reaktionskurven auch für pH-Wert



© Begon, Howarth, Townsend (2014). Ökologie. 3. Auflage

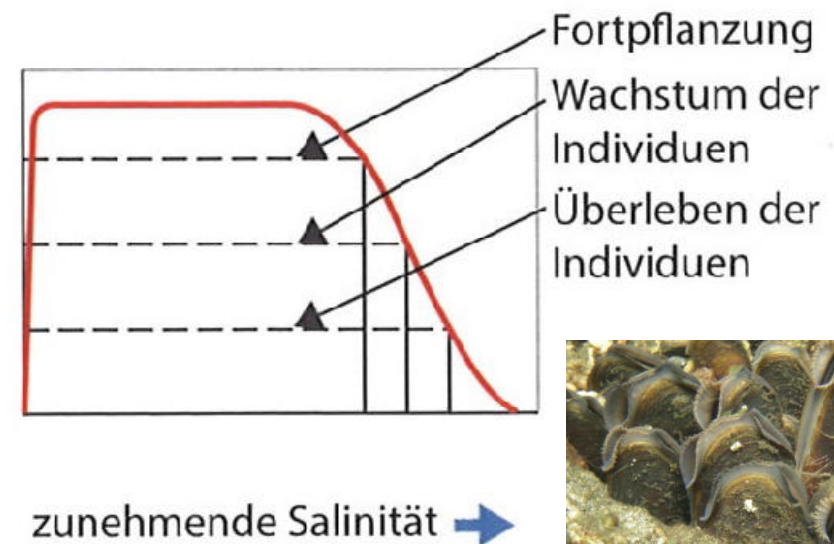
Toleranzkurve

- Der Organismus hat eine gewisse Toleranz für eine bestimmte Bedingung
- Niedrige Dosen werden verkräftet, bei hohe Dosen werden rel. rasch Fortpflanzung & und dann auch Wachstum vermindert, zu hoch → letal



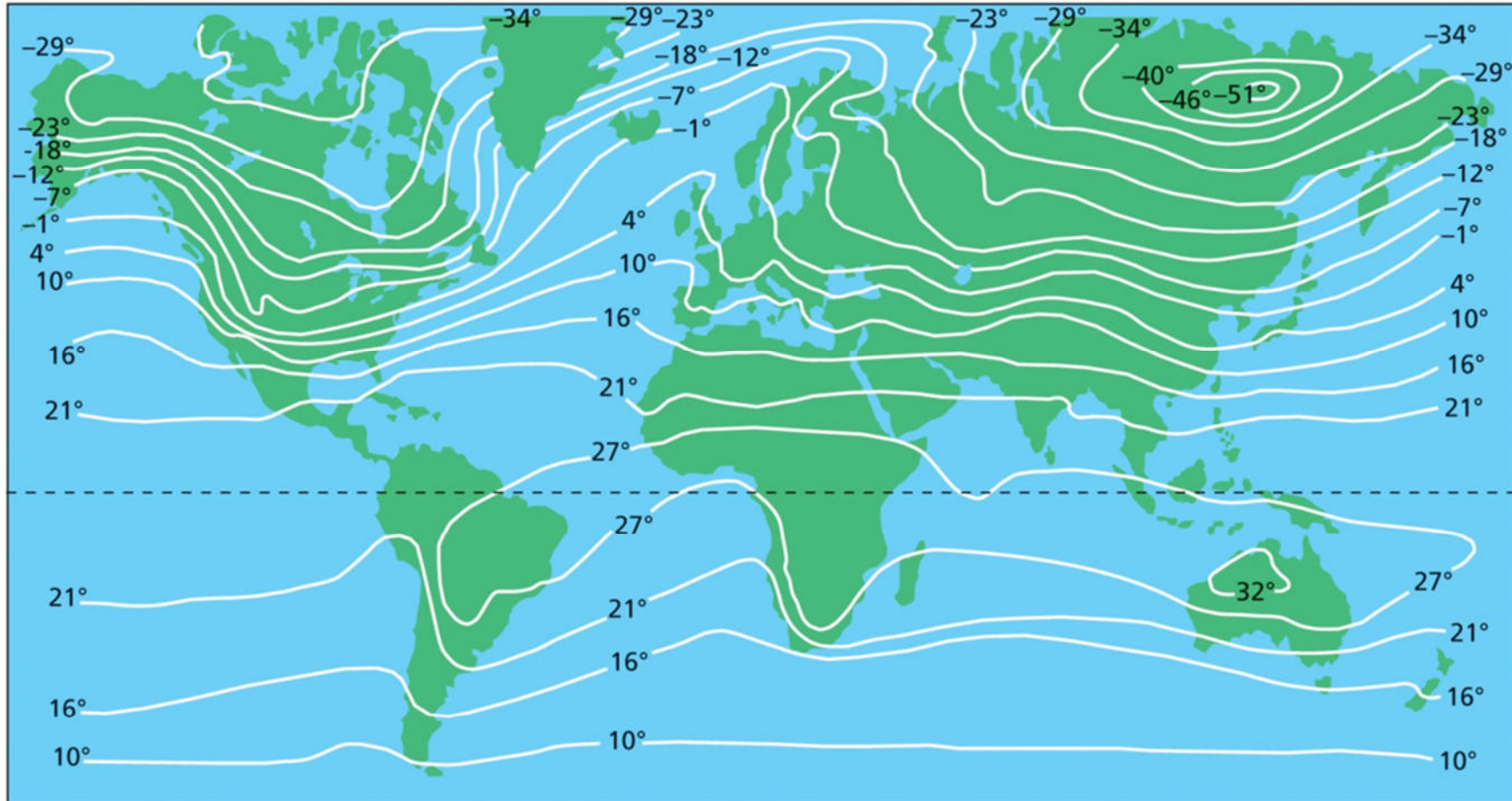
Minimumkurve

- Der Organismus braucht mindestens eine minimale Dosis des Faktors, um die Lebensfunktionen aufrecht zu erhalten
- Verschiedene Konzentrationen können toleriert werden, bis eine Konzentrationsobergrenze erreicht wird, die toxisch wirkt & Lebensfunktionen einschränkt



© Boldie
https://de.wikipedia.org/wiki/Flussperlmuschel#/media/Datei:Group_of_Margaritifera_margaritifera.jpg

Umweltfaktor: Temperatur



(a) Globale Januar-Isothermen (Linien gleicher Temperatur)

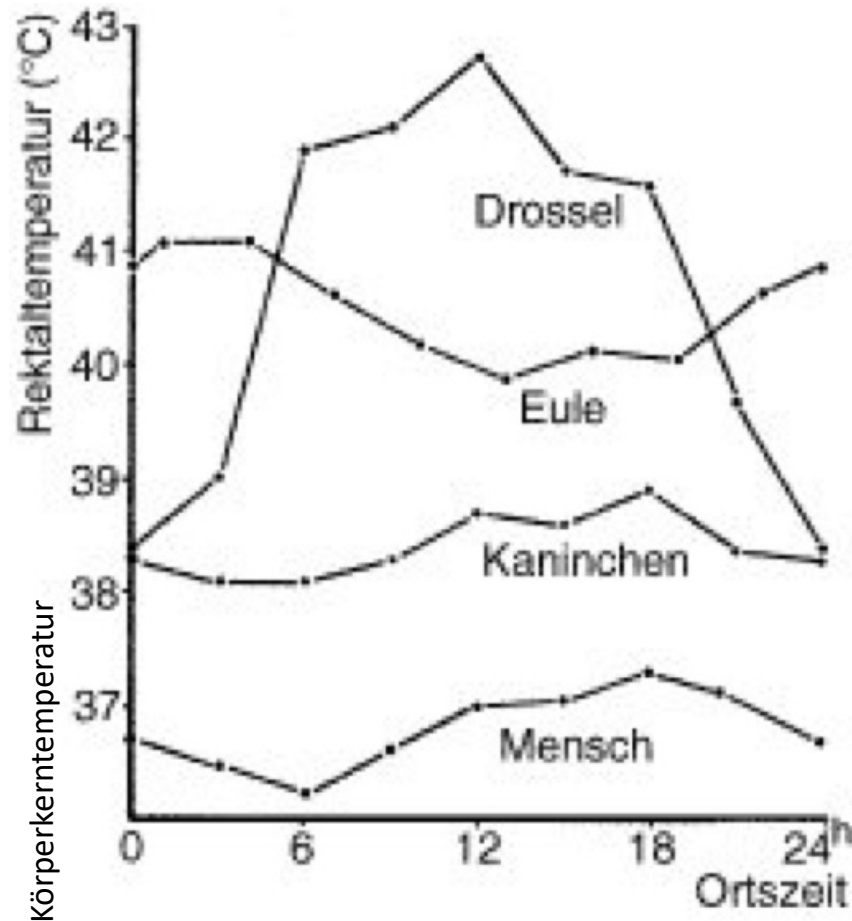
© Smith & Smith, Ökologie, 2009

Temperaturhaushalt von Organismen:

- **Ektothermie (=wechselwarm, poikilotherm):** Körpertemperatur ganz oder größtenteils von Außentemperatur abhängig → damit die Geschwindigkeit des Stoffwechsels durch **äußere Wärmequellen** bestimmt;
meisten Tierarten (neben Bakterien, Archaea, Algen und Pflanzen): Weichtiere, Schwämme, Stachelhäuter, Arthropoden, Amphibien, Reptilien, meisten Fische
- **Endothermie (=homoiotherm, gleichwarm):** produzieren **selbst Körperwärme** und regulieren so die Körpertemperatur - v.a. Vögel und Säugetiere
-unabhängiger von Umweltbedingungen (Temperatur), maximale Aktivität kann länger aufrecht erhalten werden (Effektivität bei Nahrungssuche, Flucht vor Feinden)
höherer Energiebedarf → erhöhte Nahrungsaufnahme notwendig

→ Organismen werden oftmals **nicht nur durch die direkten Umweltbedingungen eingeschränkt, sondern aufgrund der energetischen Kosten, die entstehen, wenn sie diese Bedingungen tolerieren (Stress!)**

Unterschiedliche Körpertemperaturen von ektothermen und endothermen Tieren:



Durchschnittliche Körpertemperatur von Tieren (in °C):

Zuckmücke (auf Gletscherschnee) –16 bis 0
 Thunfisch 18–28 → partiell endotherm
 Erdhummel 33 (bei Aktivität)

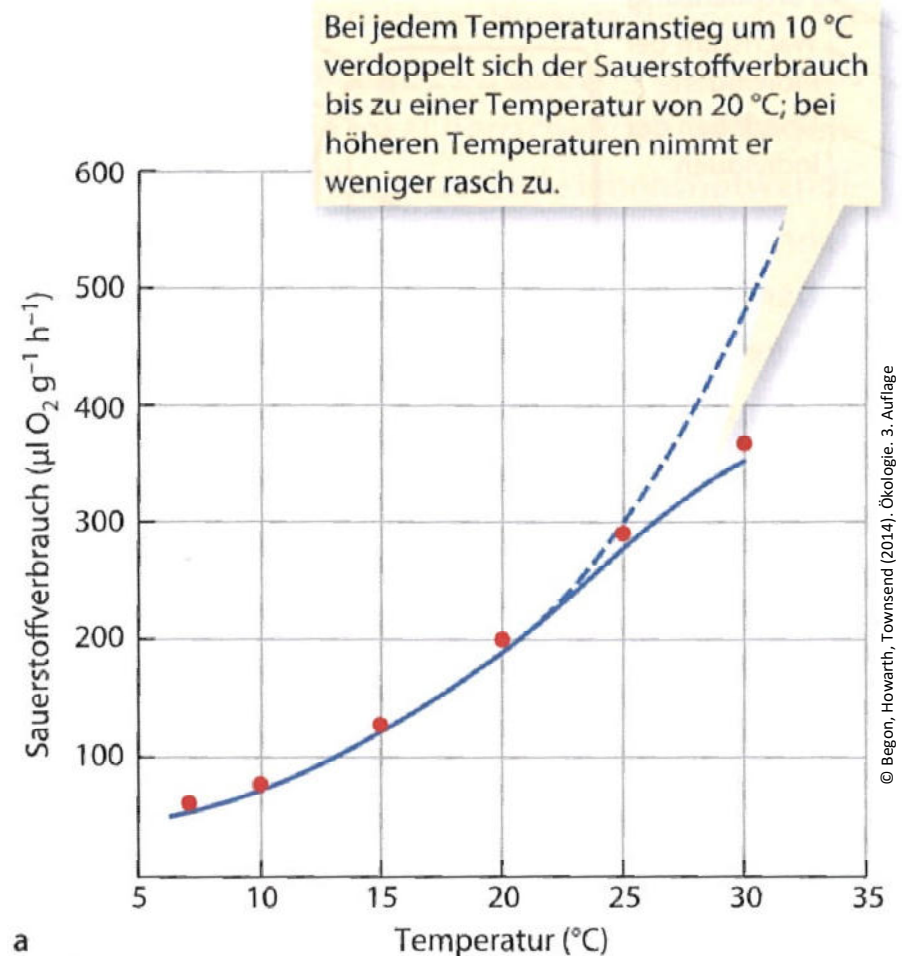
Igel 35
 Wal 36,5
 Pferd 37,5
 Rind, Hund 38,5
 Kaninchen 39
 Haushuhn 39,8
 Gans 40,5
 Sperling 41
 Ente, Taube 42

- Unterschiede durch unterschiedliche Stoffwechselraten
- Tageszeitliche Schwankungen der Körpertemperatur.
 Bei Nachttieren ist die Körpertemperatur während der Nacht, bei Tagtieren tagsüber am höchsten.

Quelle: <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/koerpertemperatur/37150>

Auswirkungen der Temperatur auf den Organismus

- Bei **Temperaturanstieg um 10°C steigt die Rate vieler biologischer Stoffwechselprozesse** (z.B. Atmung) bis zu einem gewissen Punkt ungefähr auf das **Doppelte** an (exponentielle Kurve!)
- *Ursache*: allgemeine Tendenz, dass **chemische Reaktionen bei höheren Temperaturen schneller** ablaufen (entspr. Arrhenius-Gleichung)
- Limitierung durch **Temperaturobergrenzen** (z.B. durch Denaturierung der Proteine)
- Nur anwendbar in den Bereichen, in denen Leben **für den jeweiligen Organismus möglich** ist (siehe Reaktionskurven!)
- Betrachtungen gelten für **wechselwarme Tiere** – (gleichwarme mit konstanter Körpertemperatur!)



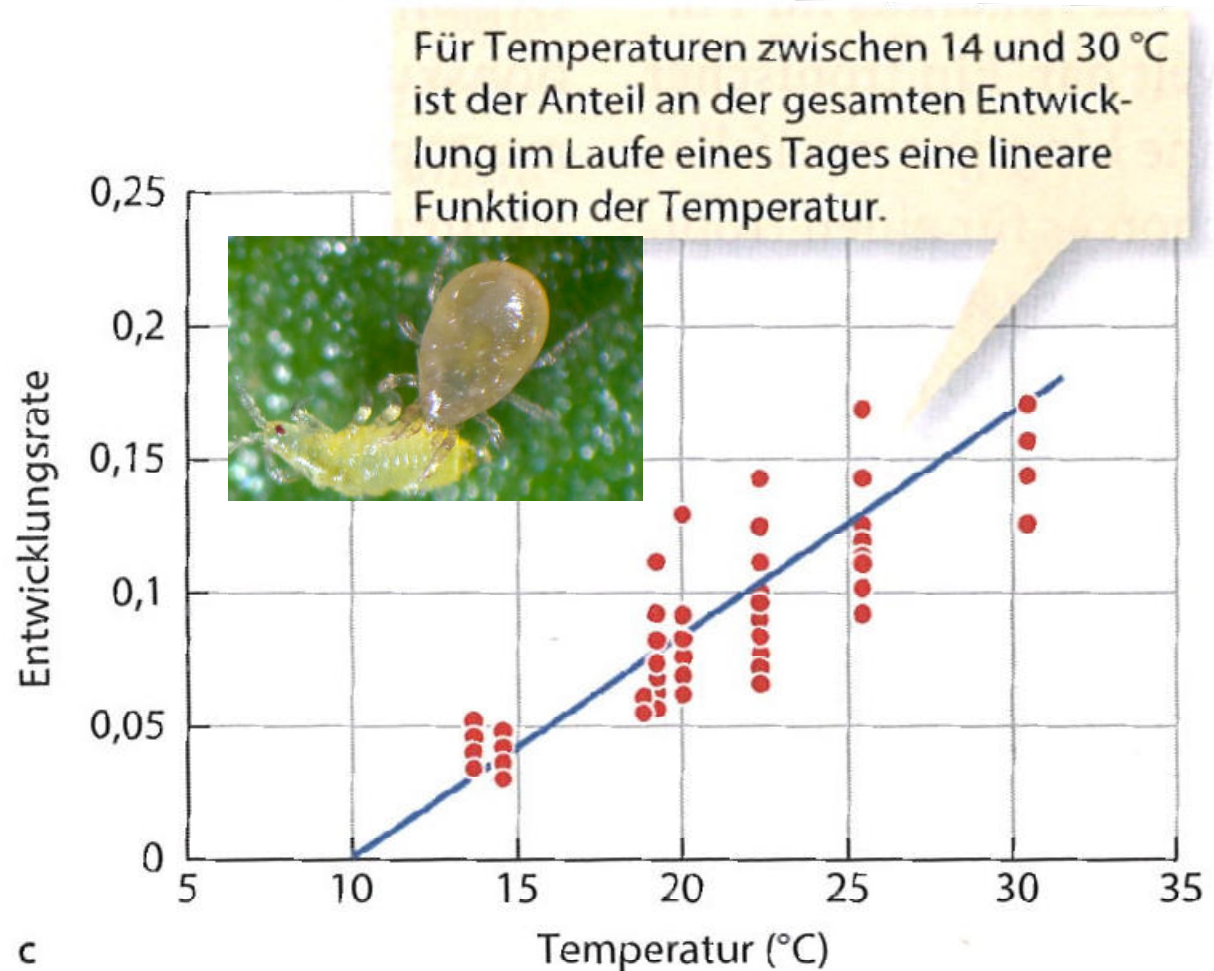
Kartoffelkäfer
(*Leptinotarsa decemlineata*)

© Von Fritz Geller-Grimm - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5596079>

Gesamtheitlich/ökologisch betrachtet ist v.a. der modulierende Einfluss der Umgebungstemperatur auf die Wachstums- oder Entwicklungsraten oder die endgültig erreichte **Körpergröße** des wechselwarmen Organismus relevant:

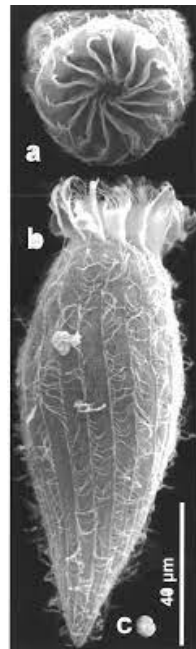
→ Entwicklungsrate
(=Geschwindigkeit der Entwicklung) **erhöht** sich häufig mit der Umgebungstemperatur

Entwicklungsrate der Raubmilbe (*Amblyseius californicus*) vom Ei bis zum Adulttier in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur

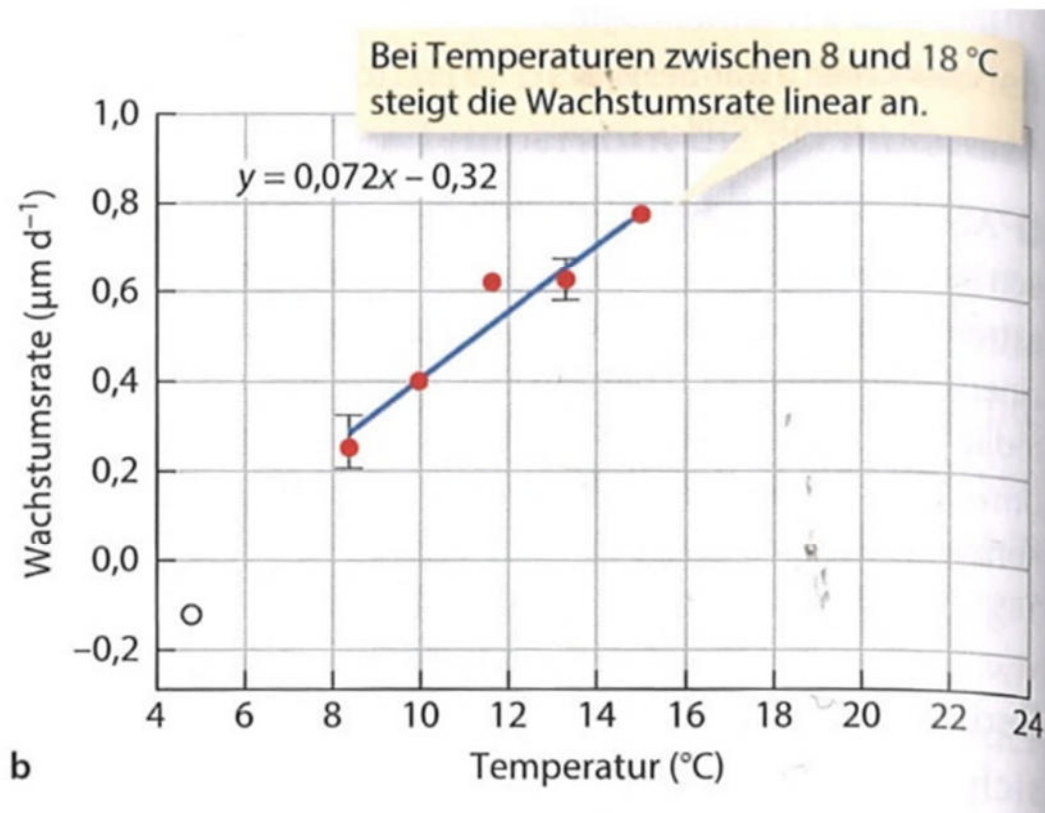


- Entwicklungsrate \neq **Wachstumsrate** (=Größenzunahme pro Zeiteinheit)
- auch die Korrelation zwischen **Umgebungstemperatur** und Wachstumsrate ist häufig **linear** (innerhalb bestimmter Toleranzgrenzen, z.B. zu heiß oder zu kalt – wieder abhängig von der Art)

Bsp. Mariner Protist
Strombidinopsis
multiauris



© Montagnes & Lessard (1999). Population dynamic marine planktonic ciliate *Strombidinopsis multiauris*: its potential to control phytoplankton blooms



© Begon, Howarth, Townsend (2014). Ökologie. 3. Auflage

Temperatur und endgültige Körpergröße:

- **Wachstums- und Entwicklungsrate** bestimmen gemeinsam letztlich die **endgültige Körpergröße**
- eine **schnellere Entwicklungsrate** führt bei **gegebener Wachstumsrate** zu einer **geringeren Endgröße**
- In der Realität wird **Entwicklung durch Temperaturanstieg stärker beschleunigt als Wachstum** → **Endgröße nimmt bei vielen wechselwarmen Organismen mit der Entwicklungstemperatur ab**

→ Für Prognosen den Klimawandel betreffend interessant!

→ Physiologisch-morphologische Auswirkungen von Temperatur

Erhöhung der Temperatur sorgt für höhere Atom und Molekularbewegung und damit:

- Erhöhten Stoffwechsel
- Für schnelleres Wachstum
- Schnellere Entwicklung
- Häufig geringere endgültige Körpergröße
- Geringeres maximales Alter durch den beschleunigten Stoffwechsel

Reduktion der Temperatur bewirkt:

- verlangsamten Stoffwechsel
- Verringerte Wachstumsrate
- Langsame Entwicklung
- Höheres Alter
- Ggf. werden Diapausen initiiert

Allgemeine Betrachtung - in Ökosystemen sind Tiergruppen immer evolutiv angepasst und haben daher unterschiedliche Optima!

Ökogeografische Regeln – Bergmannsche Regel:

- Geht auf die Beobachtung zurück, dass bei **nahe verwandten Gruppen/Taxa** (Art bis Familie) von **gleichwarmen** (homoiothermen) Tieren die **durchschnittliche Körpergröße zu den Polen hin zunimmt**.



Kaiser-Pinguin



Magellan-Pinguin



Galápagos-Pinguin

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

© <http://www.biologieunterricht.info/unterrichtsmaterialien/pinguine/>

Zusammenhang *Oberfläche & Volumen*:



Kantenlänge	4 cm	2 cm	1 cm
Masse	64 g	8 g	1 g
x16 Oberfläche	96 cm ²	24 cm ²	6 cm ²
x64 Volumen	64 cm ³	8 cm ³	1 cm ³
Oberfläche/Volumen	1,5	3	6

Begründung: Ein größerer Körper (Volumen) kann mehr Wärmeenergie erzeugen, hat im Verhältnis aber eine weniger stark angewachsene Oberfläche und verliert deswegen weniger Energie durch Abstrahlung.



Wüstenfuchs: 1-1,5 kg



Polarfuchs: 2,5-4,5 kg

© <http://www.tierenzyklopaedie.de>

Ökogeografische Regeln - Allensche Regel

- **Nah verwandte Arten gleichwarmer (Säuge-)Tiere weisen mit abnehmender Temperatur immer kleinere Körperanhänge auf (Extremitäten, Schwanz, Ohren)**
- *Begründung:* Anhänge stellen grundsätzlich eine **überproportionale Vergrößerung der Körperoberfläche** her und damit potentiell **mehr Wärmeverlust**



Afrikanischer Elefant



Indischer Elefant



Mammut



Eisfuchs der arktischen Zone

Rotfuchs der gemäßigten Zone

Wüstenfuchs der subtropischen Zone

Verändert nach <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/allen-regel/421>



Lepus californicus

Eselhase



Lepus timidus

Schneehase



Lepus europaeus

Feldhase

https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/allensche-proportionsregel/2190#abb_1

© http://www.biologieunterricht.info/_Media/preview_hasen.jpg

Ökogeographische Regeln

- **Ausnahmen?** Ja - alle Gruppen von Lebewesen, die wechselwarm (poikilotherm) sind, also grundsätzlich von der Temperatur der Außenwelt abhängig sind!!

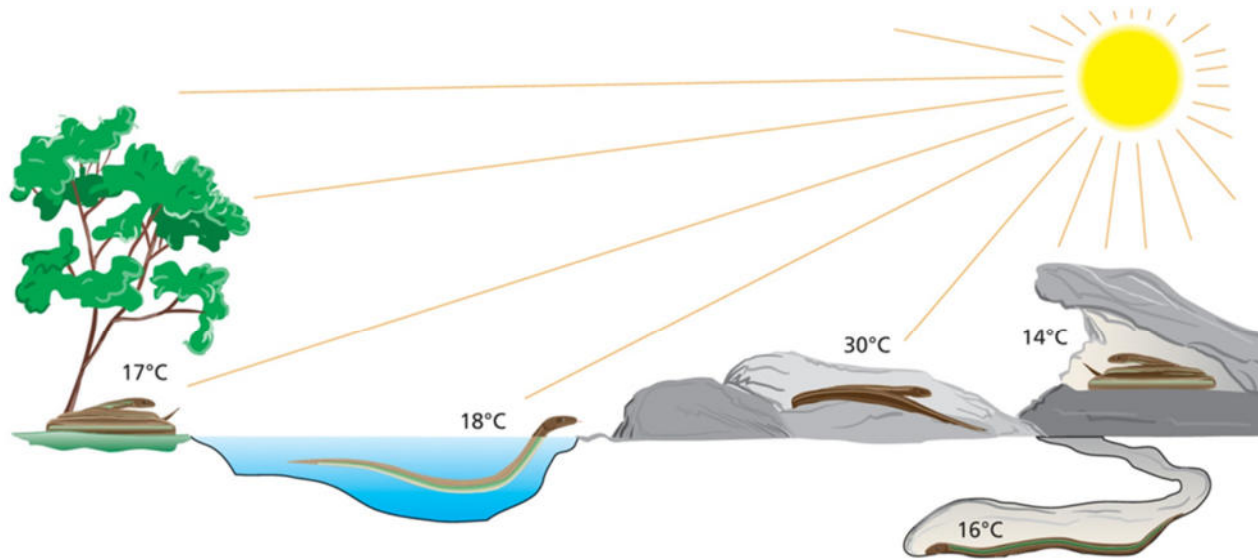
- **Evolution?** JA! Ein hervorragendes Beispiel für **konvergente Evolution**...

Wenn die **gleichen Umweltbedingungen** herrschen, ist der **Selektionsdruck** der gleiche → gleiche oder ähnliche Evolution

Unter Konvergenz oder konvergenter Evolution versteht man die **unabhängige, aber ähnliche Entwicklung von Körpermerkmalen** bei verschiedenen Arten aufgrund **ähnlicher Bedingungen**.

Reaktionen von mobilen Tieren auf die Umgebungstemperatur:

- **Aktivitätsanpassungen:** Aufsuchen von vor Kälte oder Hitze geschützten Orten; oder auch Aufsuchen von erwärmten Orten



© Smith & Smith, Ökologie, 2009

Abbildung 7.14: Unterschiedliche Mikroklimata von Schlangen. Schlangen suchen diese Klimata normalerweise zur Temperaturregulation während des Sommers auf (nach Pearson et al., 1993).

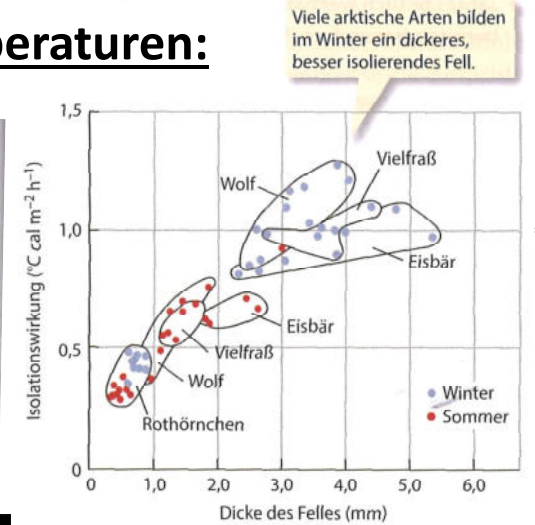


Apothekerskink (*Scincus scincus*): weicht den heißen Temperaturen der Wüste aus, indem er die meiste Zeit im Sand vergraben lebt

© Wilfried Berns, CC BY-SA 2.0 de, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=467890>

Bsp. für Reaktionen von Tieren auf jahreszeitlich wechselnde Temperaturen:

- **Fellwechsel & Fettschicht:** dichtes Winterfell & dicke Fettschicht im Herbst – dünneres Fell & Fettschicht (Abbau) im Frühjahr



- **Nutzung der Körperwärme von Artgenossen** – z.B. Wärmetrauben bei Fledermäusen



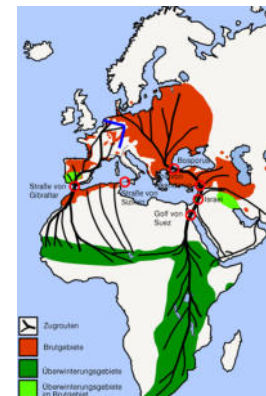
© Karl Kugelschafter <https://rlp.nabu.de/tiere-und-pflanzen/saeuetiere/fledermaeuse/28981.html>

- **Winterschlaf & Winterruhe, Kältestarre** (Ektothermen)



Von Dellex - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5682239>

- **Migration, z.B. Vogelzug**



© Michael Dvorak <https://vet-magazin.ch/wissenschaft/wildtierkunde/Stoerche-laeuten-den-Vogelzug-ein.html>, <https://www.nabu.de/tiere-und-pflanzen/voegel/artenschutz/weisstorch/03562.html>

Wie überwintern unsere heimischen Amphibien?

Fallen in Kältestarre: temperaturbedingt wird der Stoffwechsel heruntergefahren - Körpertemperatur gleicht sich der Außentemperatur an, erforderlich dafür:

- **Überwinterung in frostfreien Winterverstecken** (Nagerbauten, Wurzelspalten, Erdlöcher und Erdspalten, Verstecke unter und in morschem Holz, unter Holz- und Laubhaufen,..)
- **Überwinterung direkt im Wasser:** z.B. Wasserfrösche, und vereinzelt auch der Springfrosch, der Grasfrosch, einige heimischen Molche und deren Larven
- **erhöhte Glucosekonzentrationen** können bei leichten Frösten Einfrieren verhindern
- Dauer unterschiedlich: zumeist zwischen Oktober bis Anfang Februar

© H. Krisp/wikimedia



© http://www.herpetofauna.at

Reaktionen sesshafter Organismen auf Umgebungstemperatur – am Bsp. Pflanzen:

- z.B. **Transpiration** über die Spaltöffnungen → Abkühlungseffekt durch Verdunstungskälte (allerdings Wasserverlust!)
- z.B. Einlagerungen von **gefrierpunktsenkenden Verbindungen** in Zellen
- **Anpassungen physiologischer & morphologischer Eigenschaften** an jahreszeitlichen Wechsel

Am Bsp. Wälder der gemäßigten Breiten & Reaktion auf Kälte → versch. Strategien:

Laubfall der sommergrünen Laubbäume im Herbst – weniger Trockenstress im Winter, weniger Schneebruchgefahr – dafür Kosten für jährliche Neubildung

Nadelgehölze: langlebige Blätter mit erhöhtem Verdunstungsschutz (weniger Trockenstress im Winter) - Bildung mit erhöhtem Energieaufwand verbunden – insgesamt langsamer ablaufende physiologische Prozesse



Umweltfaktoren als Stimuli für Wachstum & Entwicklung

- **Innere biologische Uhr** für Wachstum & Entwicklung wird mit **äußeren Signalen** abgeglichen
- Häufiges Signal ist die **Tageslänge (Photoperiode)** → Zeitgeber für Dormanz (Entwicklungsruhe), körperliche Anpassungen, Blühzeitpunkt oder Migration

z.B. Bei Pflanzen häufig Stimuli notwendig um Keimruhe (Dormanz) zu beenden und Keimung zu ermöglichen (z.B. Frost, Photoperiode)

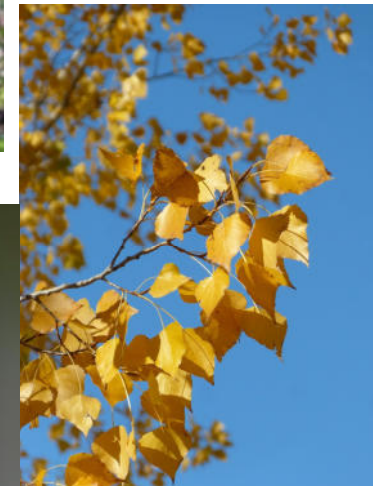
z.B. Austrieb der Laubbäume im Frühling: **Temperatur & Tageslänge**



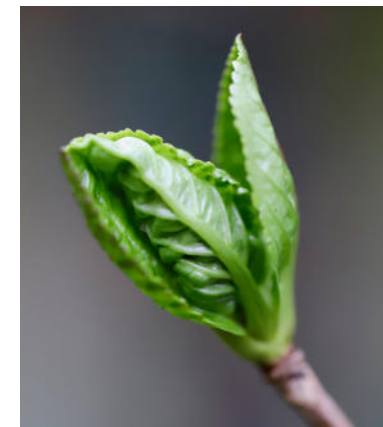
© pixabay



© Michael Gasperl/wikimedia



© pixabay



➤ **Einteilung in ekotherme und endotherme Organismen ist nicht absolut:**

- Manche Insekten erhöhen Körpertemperatur bzw. Muskulatur z.B. durch Zittern der Flügelmuskulatur (Hummeln)
- Manche Pflanzen (z.B. Aronstabgewächs *Symplocarpus foetidus*) können die Temperatur der Blüten durch Stoffwechselaktivität erhöhen
- Manche typische Endotherme senken bei der Überwinterung die Körpertemperatur stark ab (weicht oftmals kaum von Umgebungstemperatur ab) – z.B. Bilche, Igel und Fledermäuse



https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:Hummel_Krokus.jpg



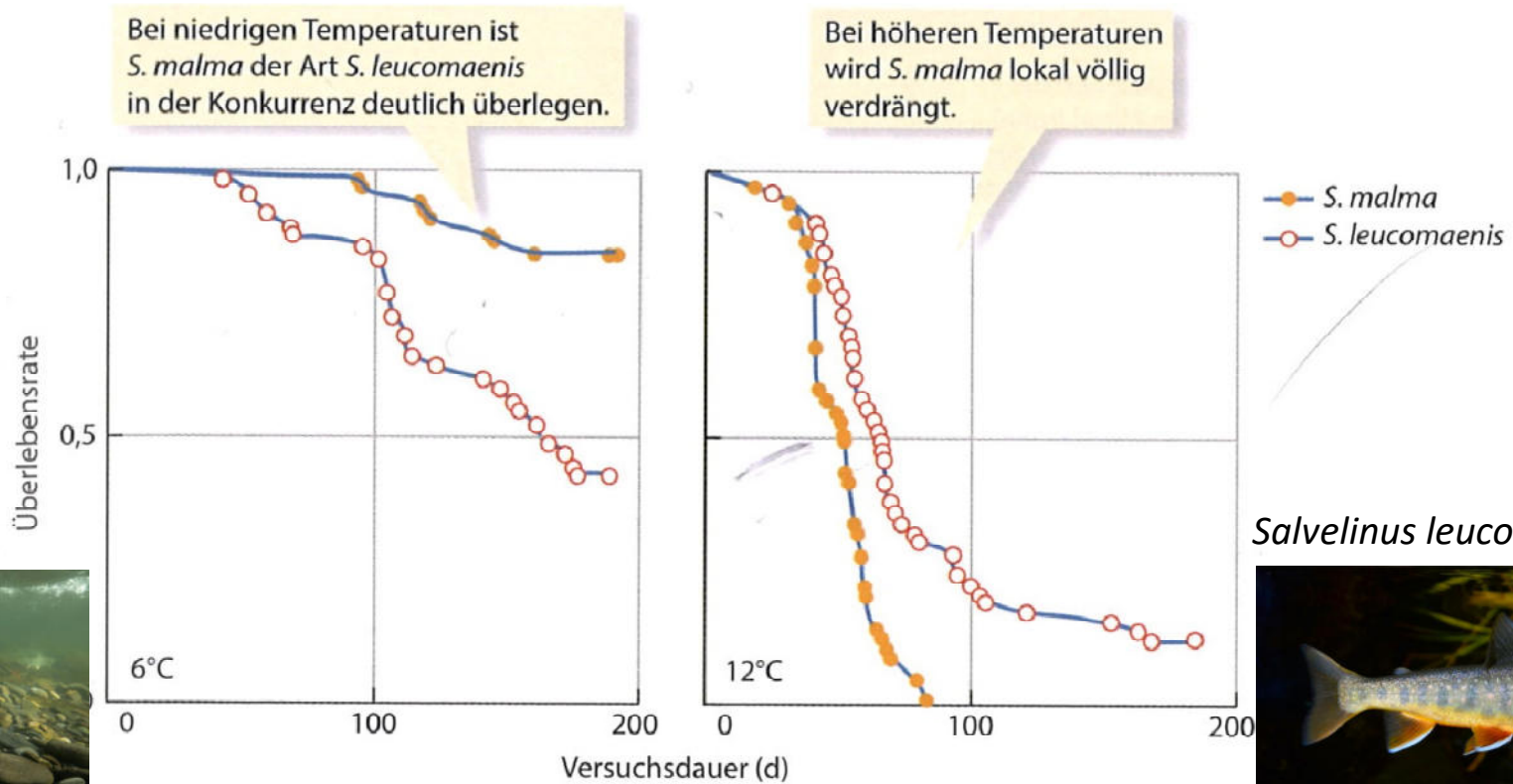
Von Fritzfohrehynolds - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=29766723>



© Henning Kunze <https://www.karl-kaus-stiftung.de/projekte/fledermaeuse/fledermaeus-e-winterquartiere>

Indirekte Auswirkungen von Umweltfaktoren am Bsp. Temperatur

➤ Veränderung der Temperatur kann das Ergebnis einer Konkurrenzsituation umkehren



© Begon, Howarth, Townsend (2014). Ökologie. 3. Auflage

Salvelinus malma



© U.S. Fish and Wildlife Service

Salvelinus leucomaenis

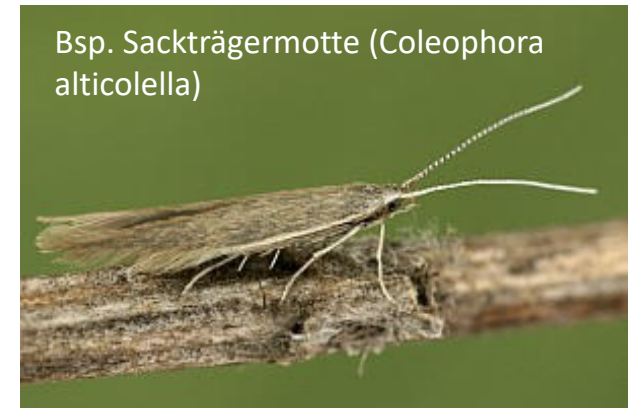


Beide Arten überleben jedoch bei Abwesenheit der jeweils anderen Art in beiden Temperaturbereichen!

By Johan Fredriksson, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2421880>

➤ **Veränderungen der Temperatur kann die Verfügbarkeit von Ressourcen verändern:**

z.B. indem Nahrungspflanzen fehlen oder Früchte der Pflanze nicht zur Reife gelangen → indirekte Auswirkung auf die Verbreitung der Konsumenten (auch wenn Temperaturbereich direkt für den Organismus nicht suboptimal ist)



©Peter Buchner
https://lepiforum.org/wiki/page/Coleophora_alticolella#Lebendfotos-Falter

➤ **Veränderungen der Temperatur kann die Entstehung von Krankheiten beeinflussen:**

z.B. wird Wachstum eines Parasiten (Pilze,...) gefördert/gehemmt oder Abwehrmechanismen des Wirts geschwächt

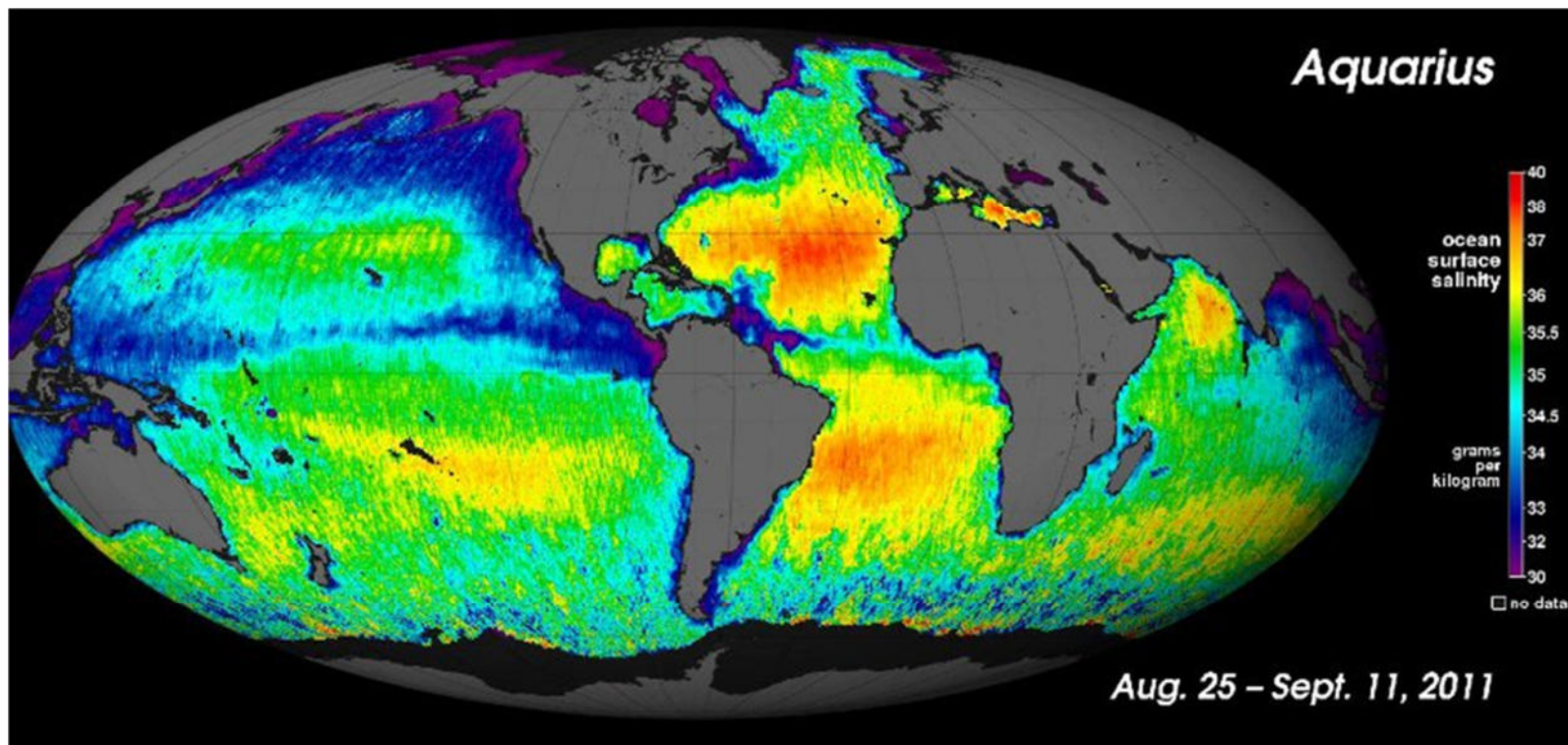


<https://www.inaturalist.org/photos/56986553>, CC BY-SA 4.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=109878823>

Von großem Interesse auch im
Hinblick auf den Klimawandel!

Umweltfaktor: Salzgehalt der Meere

- Durchschn. ca. 34,7 ‰ (~ 3,5%) Salzgehalt (v.a. NaCl)
- Stark abhängig von Niederschlag, Hitze und Zuflüssen
- In Seitenmeeren oft davon abweichend (Verdunstung/Süßwasserzuflüsse)
- Süßwasser: Salinität von unter 0,1 Prozent, (Ca^{2+} , Na^+ , Cl^- , K^+ , Mg^{2+} ,)



© NASA/GSFC/JPL-Caltech

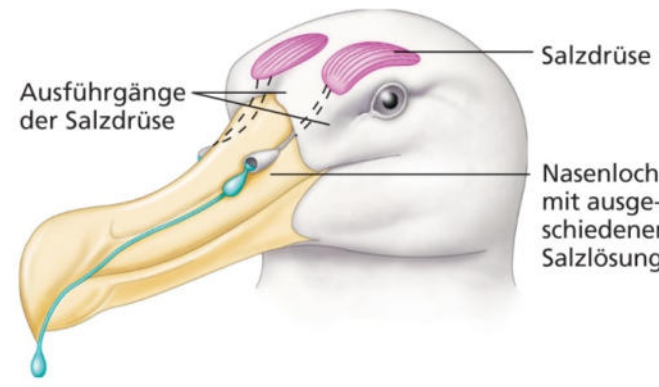
Anpassungen an hohen Salzgehalt:

- Bei den meisten **marinen wirbellosen Tieren** entspricht die Konzentration an osmotisch aktiven Substanzen im Körper jener des salzhaltigen Wassers → kein ständiger Wasserverlust durch Osmose
- **Viele marine Wirbeltiere** betreiben **Osmoregulation** (Innenkonzentration unabhängig von Außenkonzentration)

Anpassungen z.B. auch Salzdrüsen: scheiden überschüssiges Salz ab



Salzaustritt der Mangrovenpflanze *Avicennia marina*



© Campbell & Reece, Biologie, 2009



© www.pci.tu-bs.de



© Campbell & Reece, Biologie, 2009

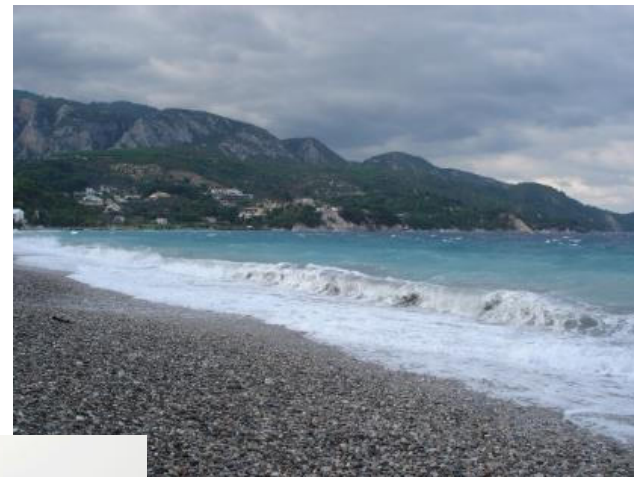
(a) Osmoregulation bei einem Meerwasserfisch.

Umweltfaktor Wasser

- Mechanischer Einfluss: Wellen, Ebbe-Flut, Lawinen, Eisstoß an Flüssen
- Grad der Luftfeuchtigkeit → Auswirkung auf Transpiration
- Temperaturpuffernde Wirkung



© Land Steiermark



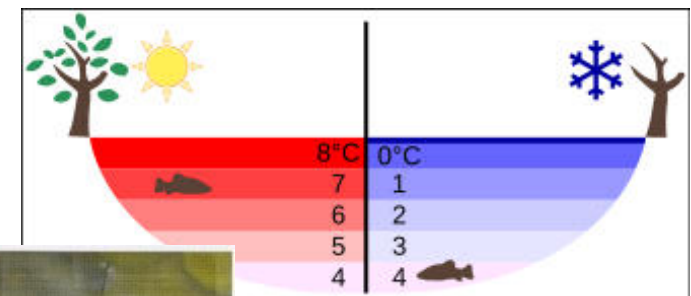
© Dirk D. - Eigenes Werk, CC BY-SA 4.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=51205446>

Besondere physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers

- bei Raumtemperatur & Atmosphärendruck im **flüssigen Aggregatzustand**
- **Hohe spezifische Wärmekapazität:** viel Energie notwendig um Wasser zu erwärmen –Speicherung großer Mengen thermischer Energie - guter Wärmespeicher! - **temperaturpuffernde Wirkung**
- Überschüssige Wärme durch **Verdunsten** von H₂O abgeführt
- Ausgezeichnetes **Lösungs- und Transportmittel** für Ionen und organische, polare Moleküle
- **Dichteanomalie:** bei **+4 °C größte Dichte** (größtes spezifisches Gewicht!)
Gefrierpunkt 0 °C: nimmt Volumen um rund 9,5 % zu
 - **Eis** besitzt geringere Dichte als flüssiges H₂O → **schwimmt**
 - **4 °C kaltes Wasser sinkt zu Boden**
 - **Überwinterung von Wassertieren & –pflanzen**
- **Hohe Oberflächenspannung** durch **Kohäsionskräfte** zwischen den **Wassermolekülen**



© <http://blog.olafschneider.de/2014/04/03/eisschollen-auf-dem-skellefteaelven/>



© Klaus-Dieter Keller / wikipedia



© Campbell & Reece, Biologie, 2009, Peraron Verlag, S. 66

Auch die Dichteanomalie des Wassers entsteht durch die H-Brücken



Abbildung 3.6: Eis: Kristallstruktur und aufschwimmende Barriere. Im Eis ist jedes Molekül durch Wasserstoffbrückenbindungen mit vier Nachbarmolekülen zu einem Kristallgitter verbunden. Da die kristalline Anordnung raumgreifend ist, enthält Eis weniger Moleküle als ein gleich großes Volumen flüssigen Wassers. Eis ist also weniger dicht als flüssiges Wasser. Aufschwimmendes Eis wird zu einer Barriere, die die darunter befindliche Flüssigkeit von der kälteren Luft isoliert. Das hier gezeigte Meereslebewesen ist ein Garnelentyp, der als Krill bezeichnet wird. Es wurde unmittelbar unterhalb des antarktischen Eispanzers fotografiert.

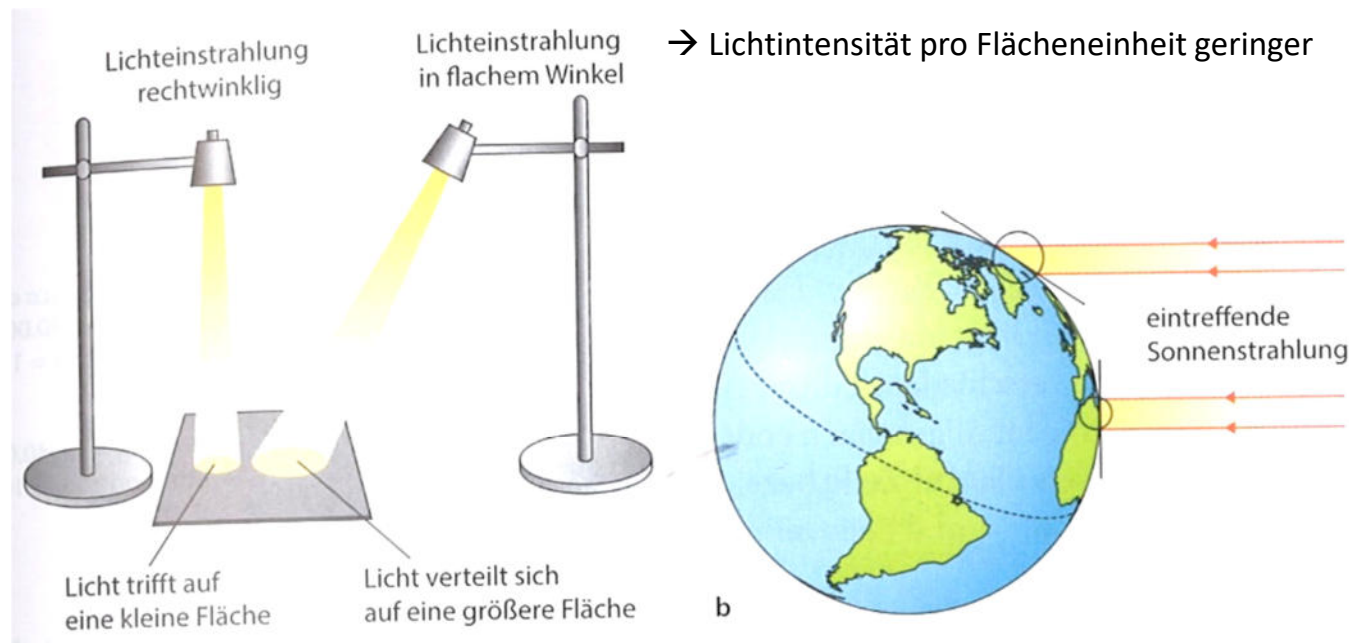
© Campbell & Reece, Biologie, 2009, Peraron Verlag, S. 69

Exkurs: Klima – eine kurze Wiederholung

Klima :

...ist der **mittlere Zustand der Atmosphäre** an einem bestimmten Ort oder in einem bestimmten Gebiet über einen **längeren Zeitraum** (Variablen: Temperatur, Niederschlag, Wind)

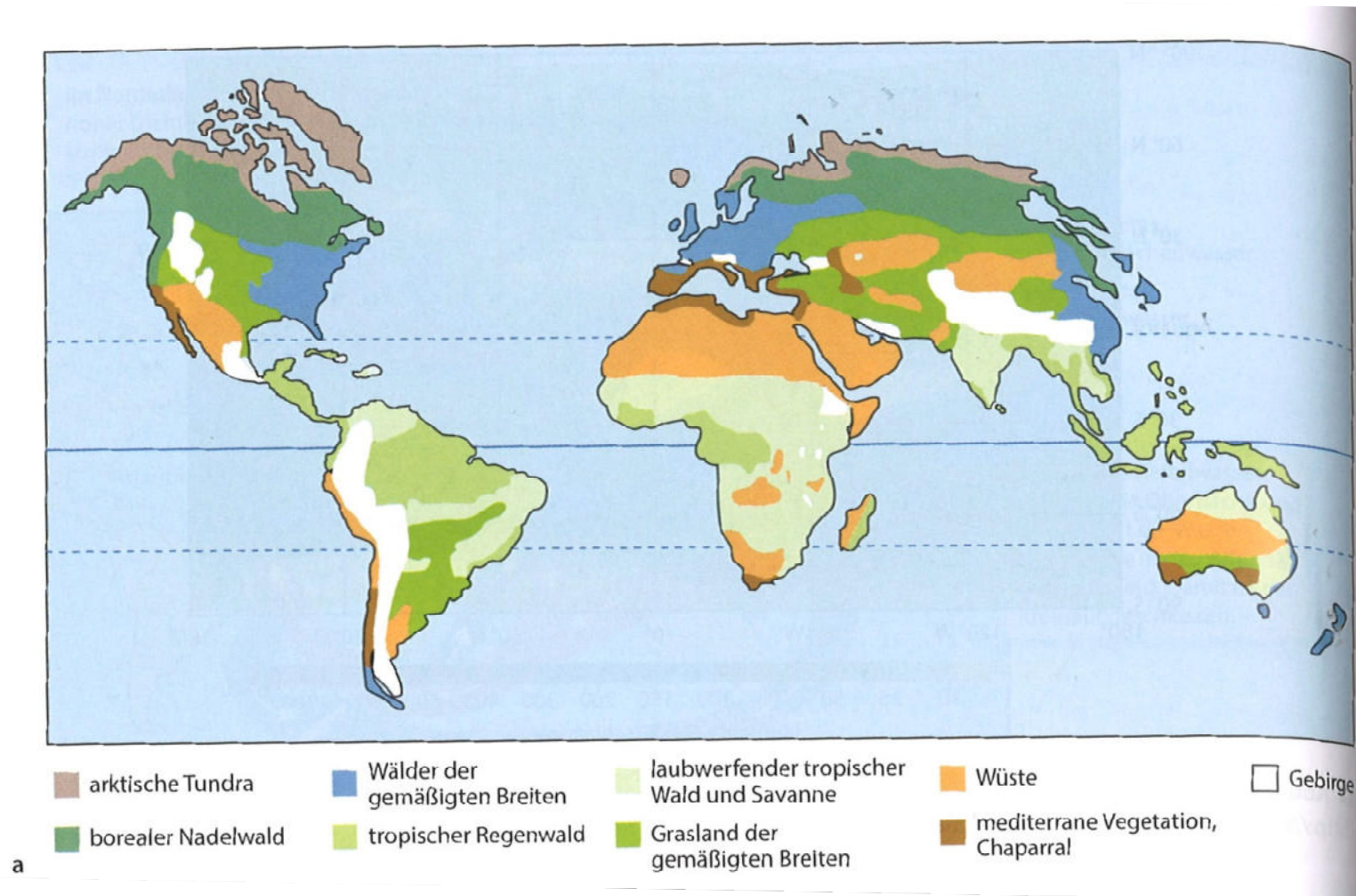
...wird durch die **unterschiedliche Erwärmung durch die jeweilige Sonneneinstrahlung** bestimmt, dies hat wiederum Auswirkungen auf **Luftzirkulation und Meeresströmungen** – hinzu kommen **Wechselwirkungen der Atmosphäre mit Gebirgszügen und Meeren**



© Begon, Howarth, Townsend (2014). Ökologie. 3. Auflage

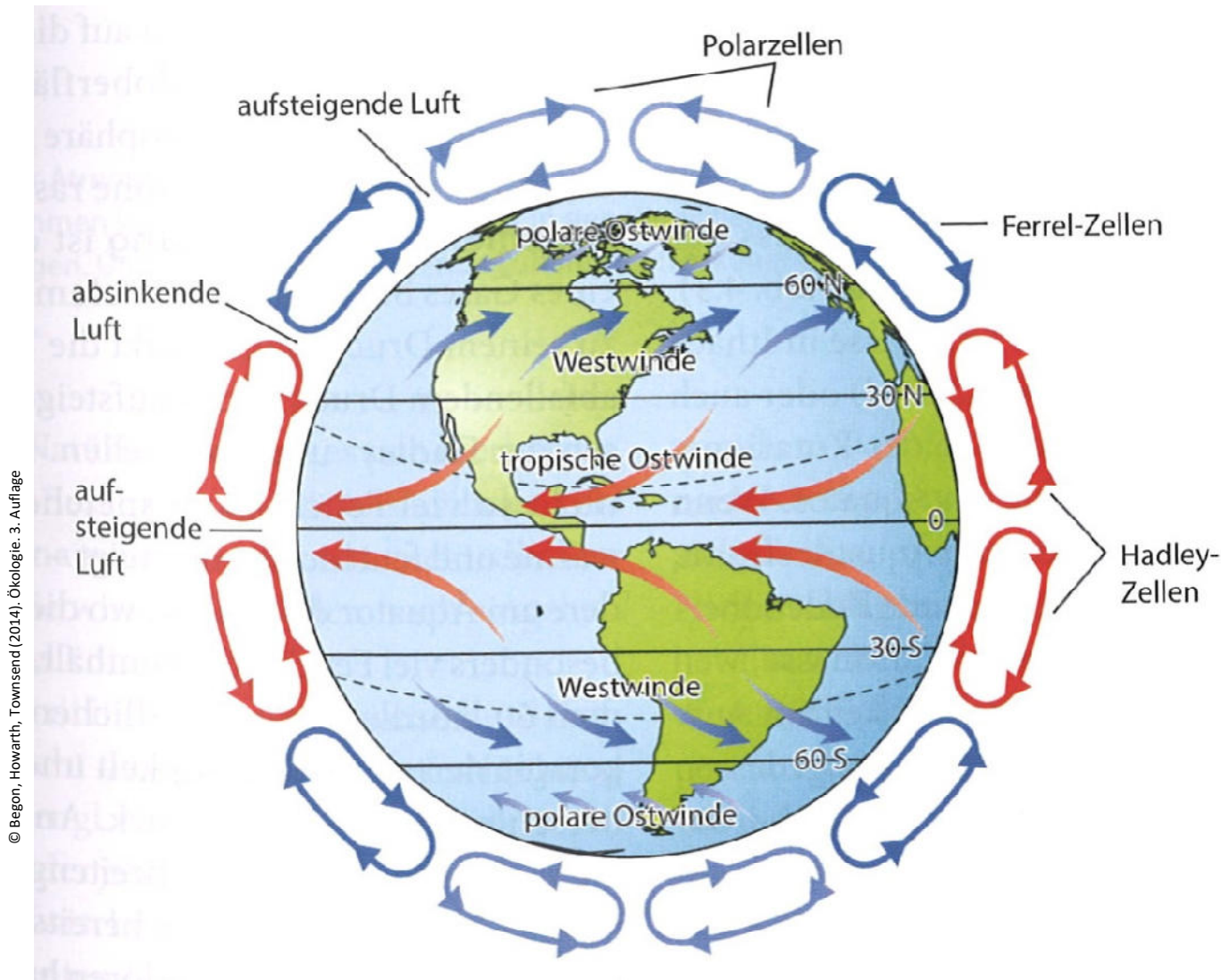
Klima beeinflusst die Ausprägung von **Umweltfaktoren und Ressourcen** und spielt so die vorherrschende Rolle für die **großräumige Verteilung** der unterschiedlichen Lebensgemeinschaften und Ökosysteme

Globale Verteilung der Biome:



© Begon, Howarth, Townsend (2014), Ökologie, 3. Auflage

Umverteilung der Wärme durch Bewegung von Luftmassen in der Atmosphäre



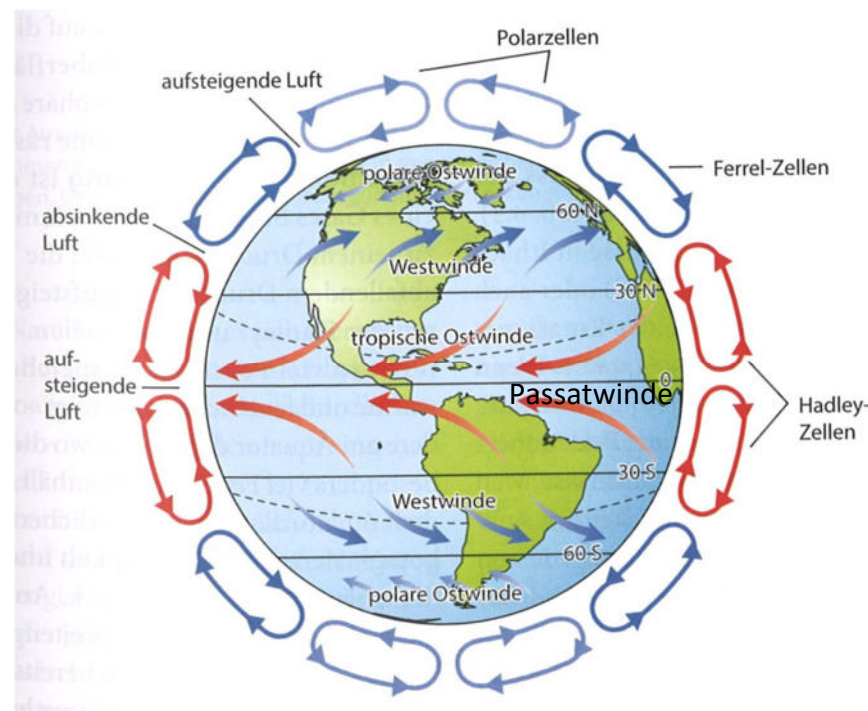
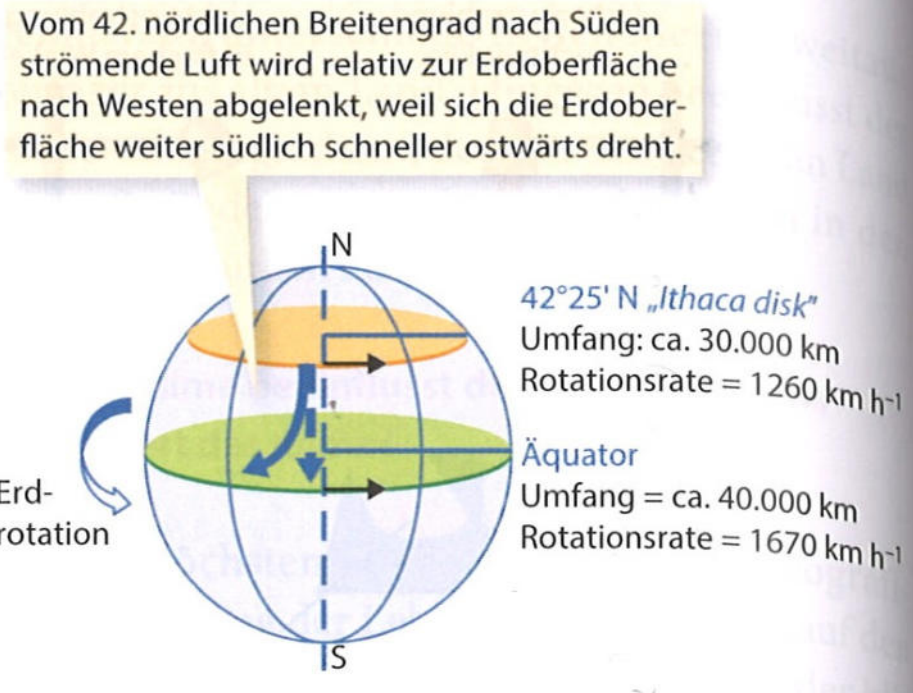
Luft-Zirkulation in Zellsystemen:

Prinzip: erwärmte Luft steigt auf (z.B. Äquator) und kühlt dabei ab, breitet sich dann in der Atmosphäre nach Norden bzw. Süden aus, oberflächennah strömen Luftmassen nach → **Hadleyzelle** (Äquator), **Polarzellen** (Polen), dazwischen Mischzone mit **Ferrelzellen** (gemäßigten Breiten)

Windsysteme

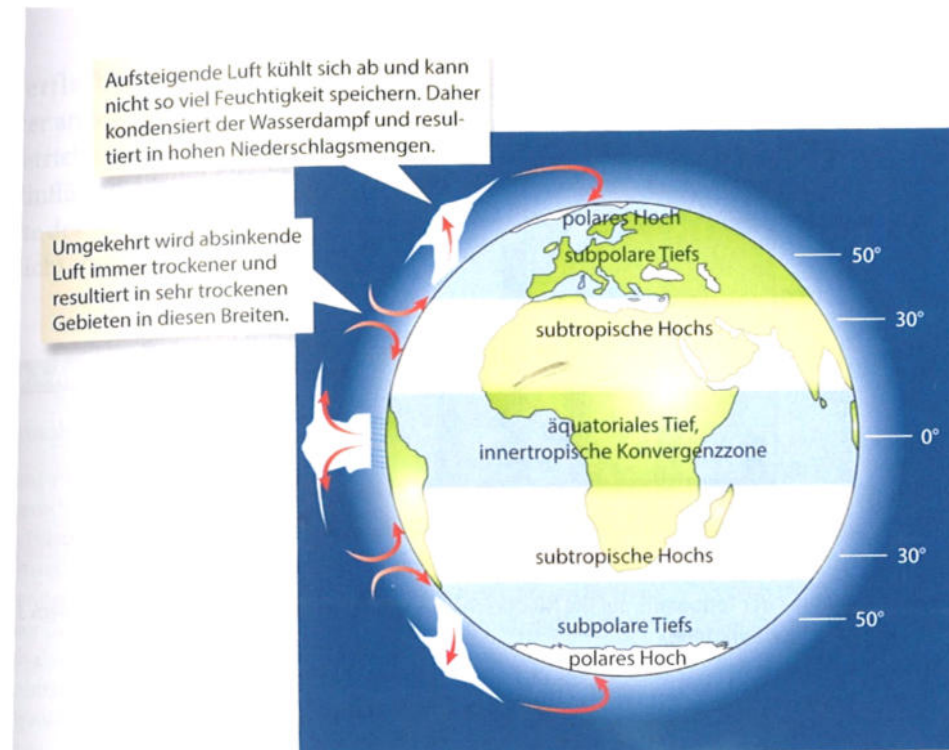
- **Erdrotation** wirkt sich auf die **Bewegung der Luftmassen** an der Erdoberfläche aus
- Mit zunehmender Nähe zum Äquator bewegt sich ein Objekt (z.B. Luftmassen) schneller als ein Objekt weiter nördlich (Erdumfang am Äquator größer! $\rightarrow v = s/t$)
- **Ablenkung durch die Wirkung der Corioliskraft + Wechselwirkungen mit Hadley-, Ferrel- und Polarzellen** steuern die **durchschnittl. Windrichtung der bodennahen Winde**: z.B. Winde zw. Äquator und 30. nördl. und südl. Breitengrad von Osten nach Westen, zw. 30. und 60. Breitengrad von West nach Ost, etc...

https://www.youtube.com/watch?v=rqS_dhIptw8



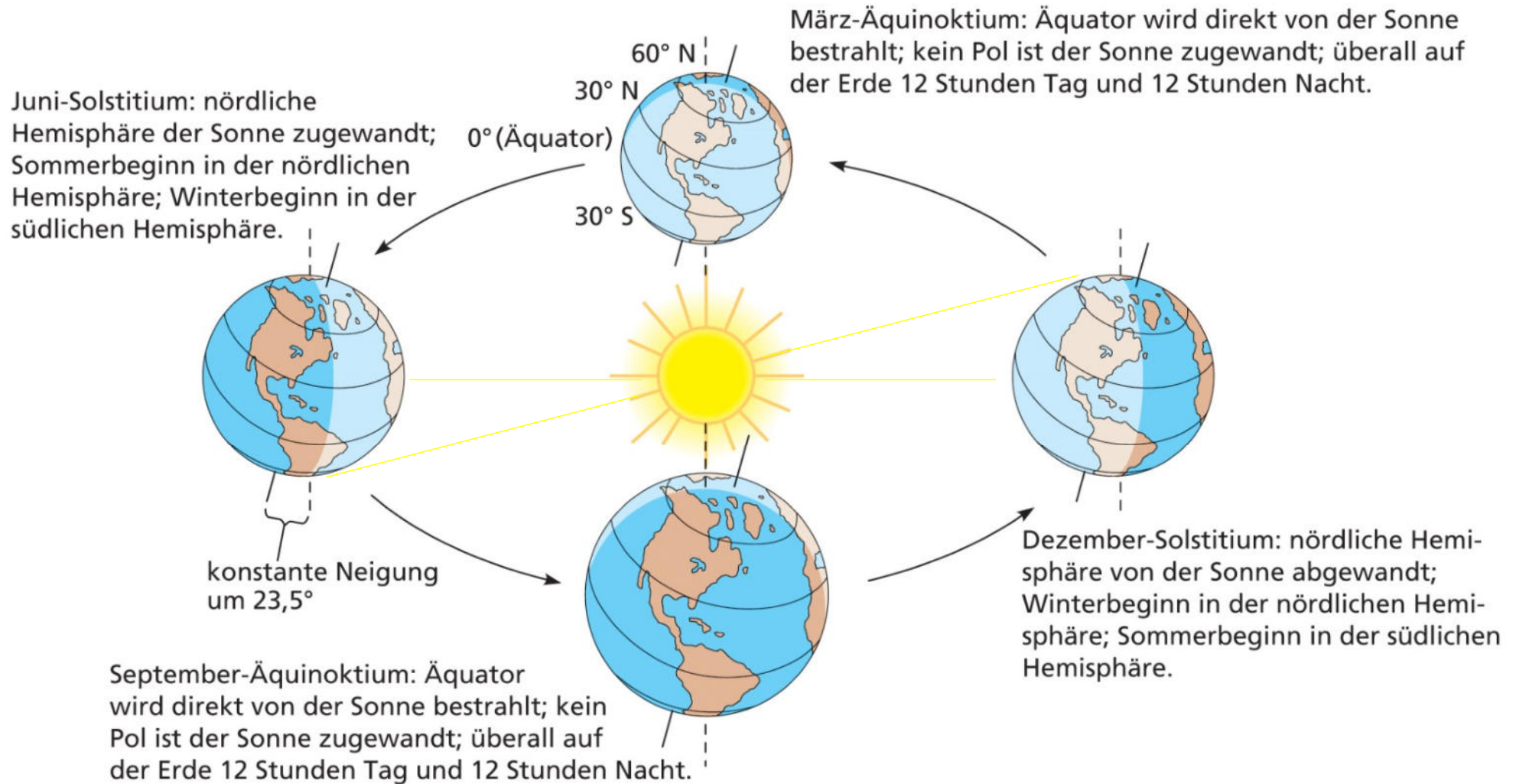
Wasserkreislauf hängt vom Klima ab – Bewegung der Luftmassen und Niederschlagsverteilung

- **Aufsteigen und Absinken der Luftmassen** → tiefgreifende Auswirkungen auf die globale Niederschlagsverteilungen
- Aufsteigende Luft kühlt ab, kalte Luft kann weniger Wasserdampf speichern → Feuchtigkeit kondensiert beim Abkühlen aus → Niederschläge (in Äquatornähe und Gebieten nördlich und südlich des 60. Breitengrades) – absinkende Luft der Zellen hingegen dann trocken (nördlich und südlich des 30. Breitengrades, an den Polen)



© Begon, Howarth, Townsend (2014). Ökologie. 3. Auflage

Jahreszeitliche Schwankungen der Einstrahlung und damit der Wärmeverteilung, Lage der Hadleyzellen und damit auch der Niederschläge durch Einfluss der Neigung der Erdachse auf ihrer Erdumlaufbahn um die Sonne



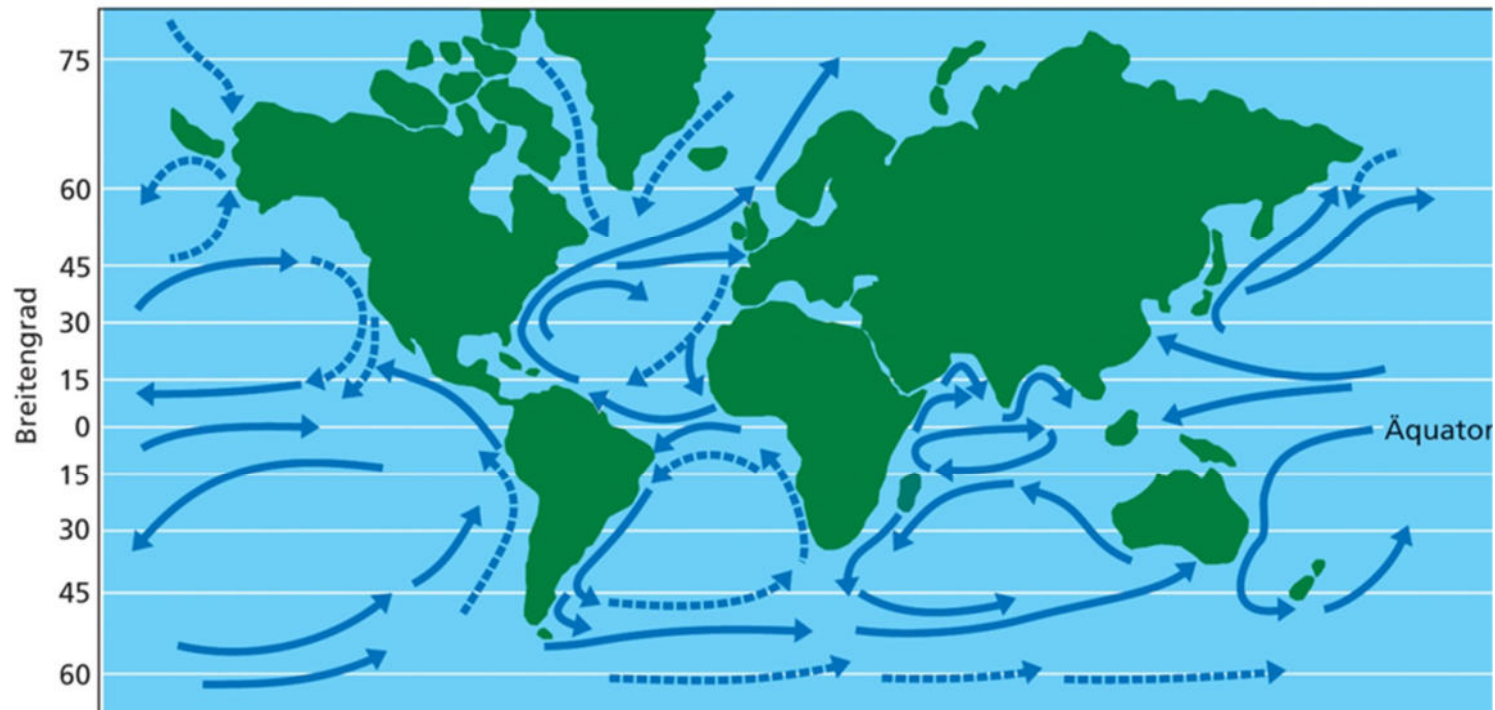
© Smith & Smith, Ökologie, 2009

Abbildung 3.6: Sonnenstandswinkel und bestrahlte Flächen auf der Nordhalbkugel zu Sommer- und Winteranfang sowie zu Frühlings- und Herbstbeginn.

Umverteilung der Wärme durch Meeresströmungen

- Auch **Meeresströmungen** wirken sich tiefgreifend auf die **klimatischen Verhältnisse** über den Ozeanen und über weiten Teilen der Kontinente aus

Verlauf der wichtigsten Meeresströmungen:

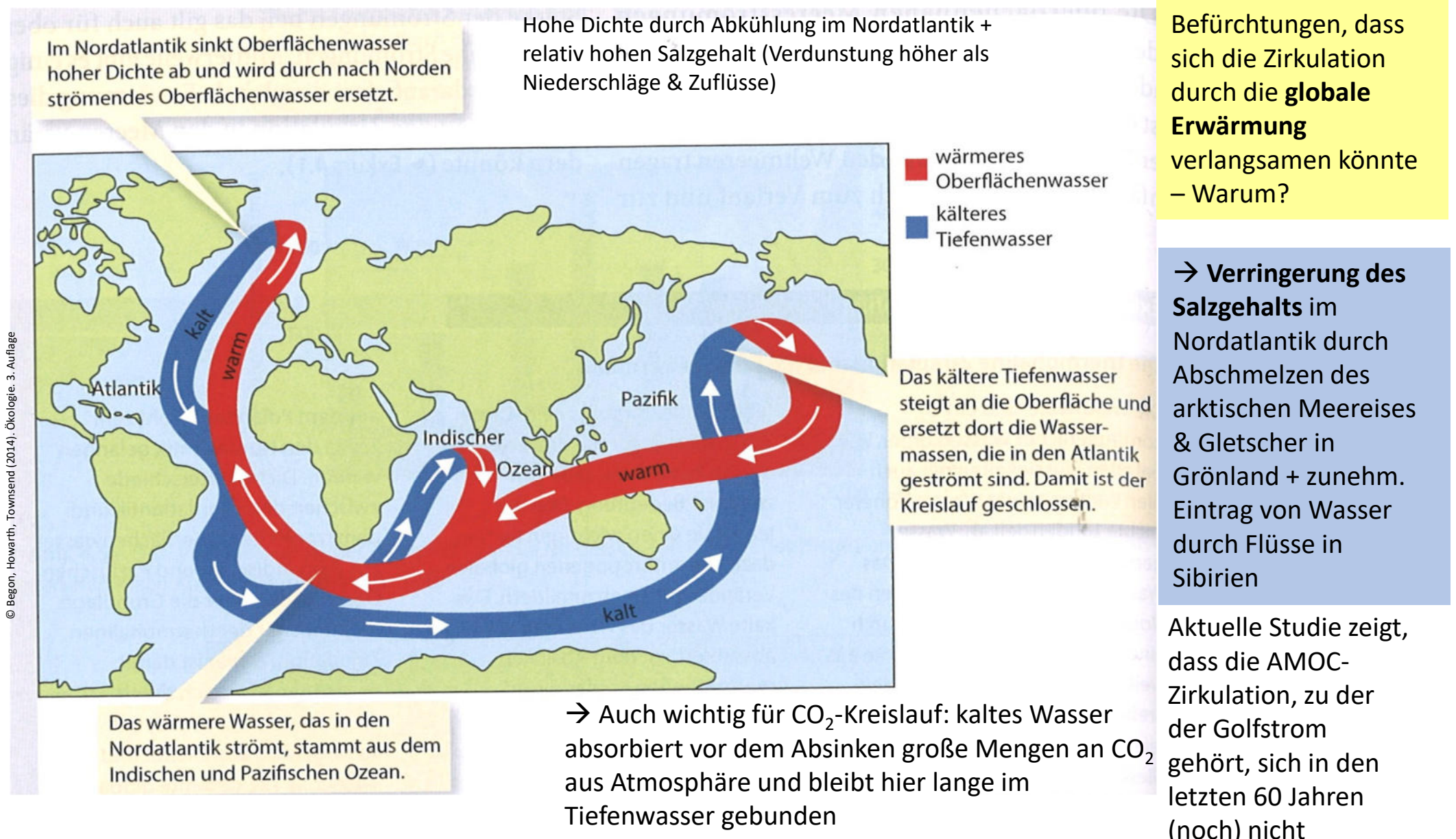


© Smith & Smith, Ökologie, 2009

----- kalte Strömungen
— warme Strömungen

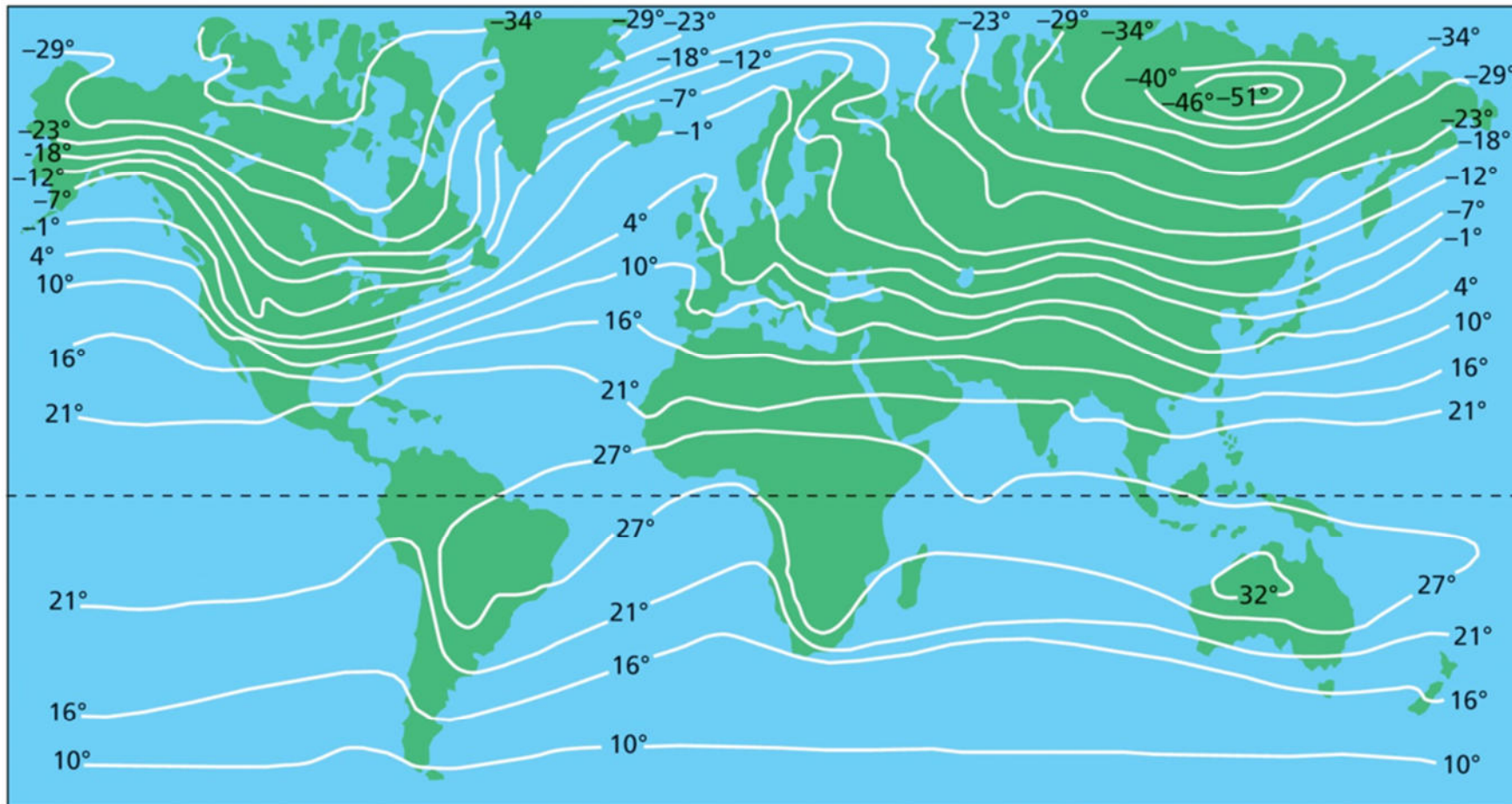
- Oberflächennahe Meeresströmungen werden durch die **vorherrschenden Winde** angetrieben
- Hinzu kommt der **Einfluss von Dichteunterschieden des Wassers** (dichteabhängige Zirkulation – abhängig von Temperatur, Salzgehalt) – Corioliskraft lenkt die Strömungen zusätzlich ab

- **Globale thermohaline Zirkulation:** → Umverteilung der Wärme (globales Förderband)



Globale Temperaturverteilung auf der Erde:

→ wird v.a. durch die **Sonneneinstrahlung & die Abstrahlung** (Wärmeabstrahlung von der Erde, Reflexion) beeinflusst, hinzu kommen weitere Faktoren wie Auswirkungen von **Windsysteme, Meeresströmungen, Höhenlage, Geomorphologie**



(a) Globale Januar-Isothermen (Linien gleicher Temperatur)

© Smith & Smith, Ökologie, 2009

Globale Niederschlagsverteilung:

- **Wärmeeintrag, Winde, Meeresströmungen und Geomorphologie** beeinflussen die globale Niederschlagsverteilung auf den Land- und Meeresflächen

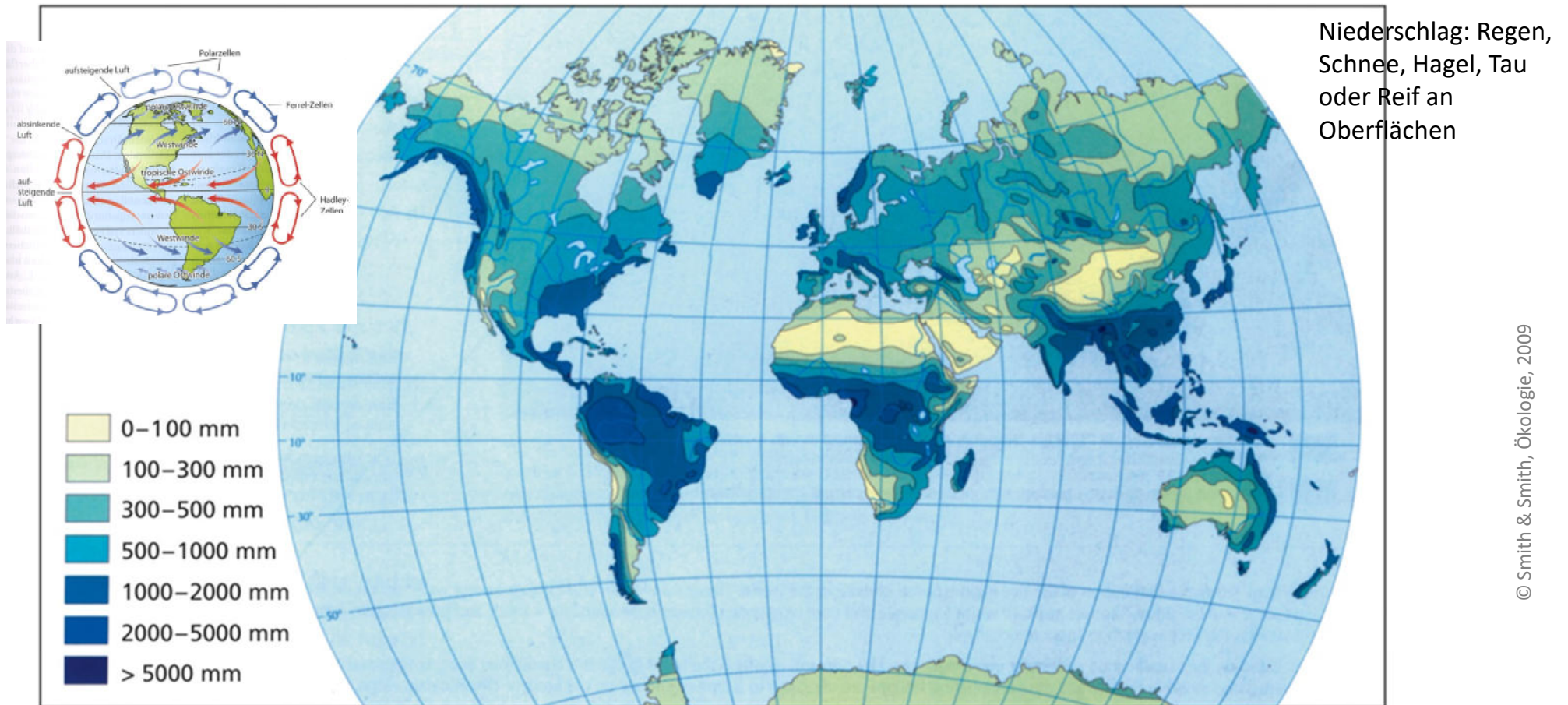
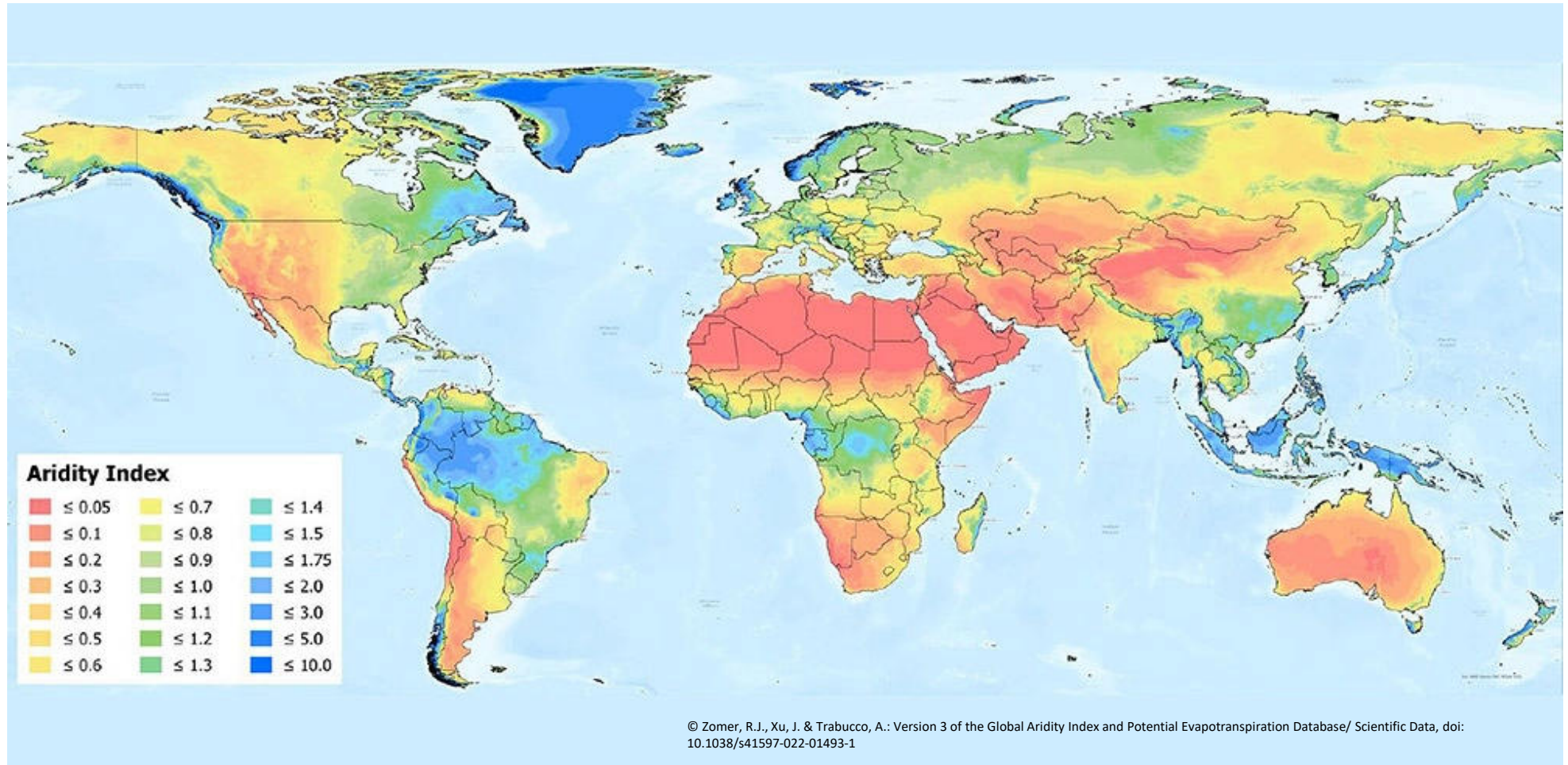


Abbildung 3.17: Globale Jahresniederschlagsmengen. Bringen Sie die feuchtesten und trockensten Gebiete in Zusammenhang mit Gebirgen, Meeres- und Windströmungen.

Humid: Niederschlag > Verdunstung
Arid: Verdunstung > Niederschlag

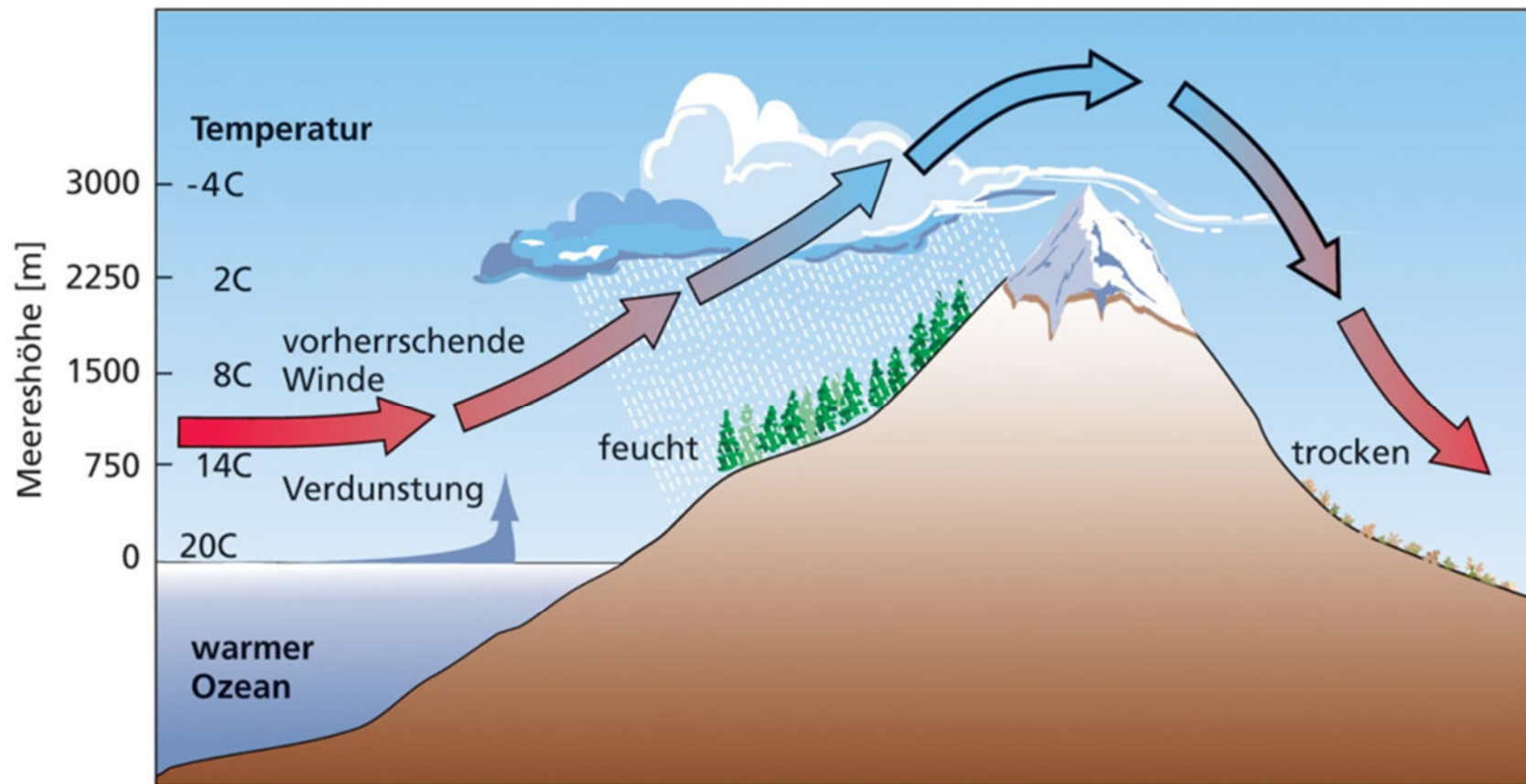
Ariditätsindex: wie trocken ist es an einem Standort tatsächlich?



... ergibt sich aus der **Menge der jährlichen Niederschläge verrechnet mit der Evapotranspiration aus Böden und Vegetation**. Diese Parameter wiederum hängen von einem komplexen Gefüge von verschiedenen Faktoren ab, wie Sonneneinstrahlung, Lufttemperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Wind oder auch der Art und Dichte der Pflanzendecke

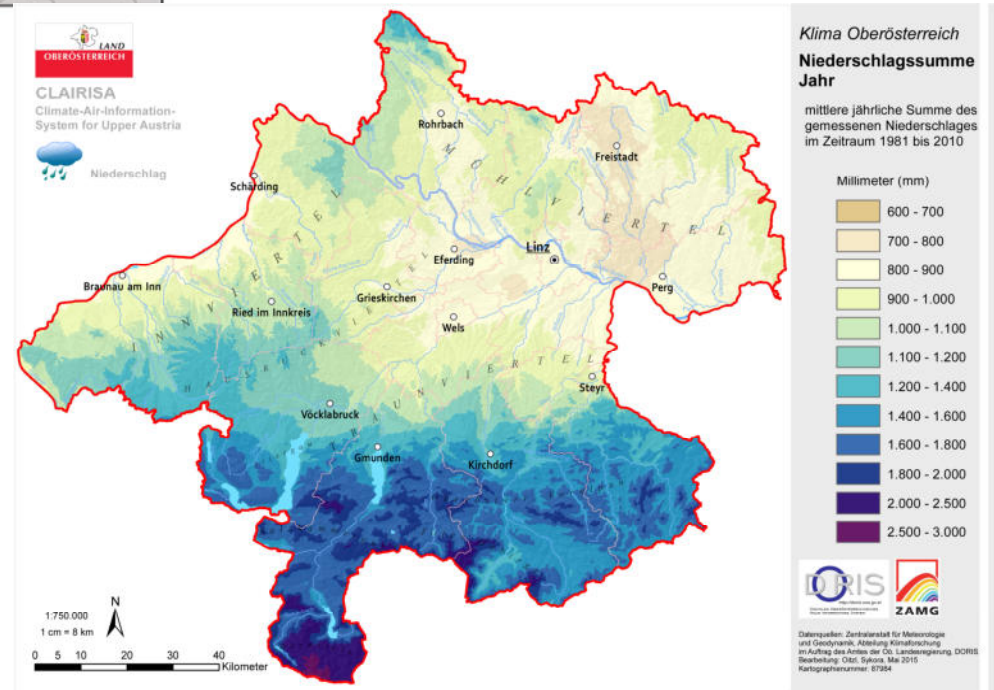
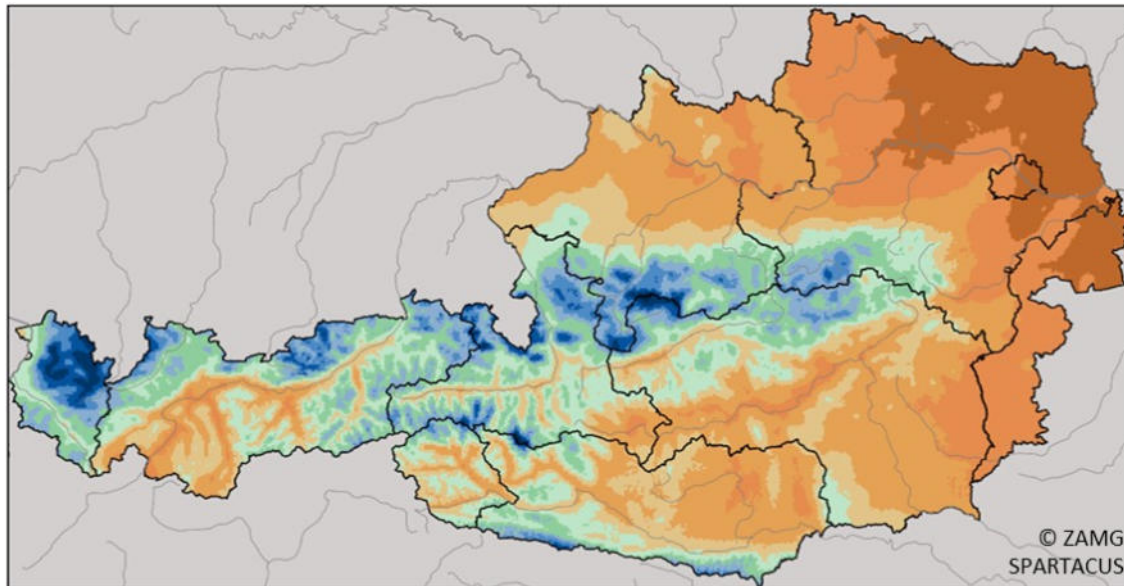
Humid: Niederschlag > Verdunstung
Arid: Verdunstung > Niederschlag

Einfluss von Gebirgszügen auf Niederschläge: aufsteigende Luft kühlt aus und Feuchtigkeit kondensiert aus → Niederschläge → feuchtes Klima auf Luvseite – auf windabgewandten Seite der Gebirge (Leeseite) sinkt die nun trockene Luft wieder ab → in diesem Regenschatten können sich Trockenstandorte (z.B. Wüsten, Halbwüsten) ausbilden



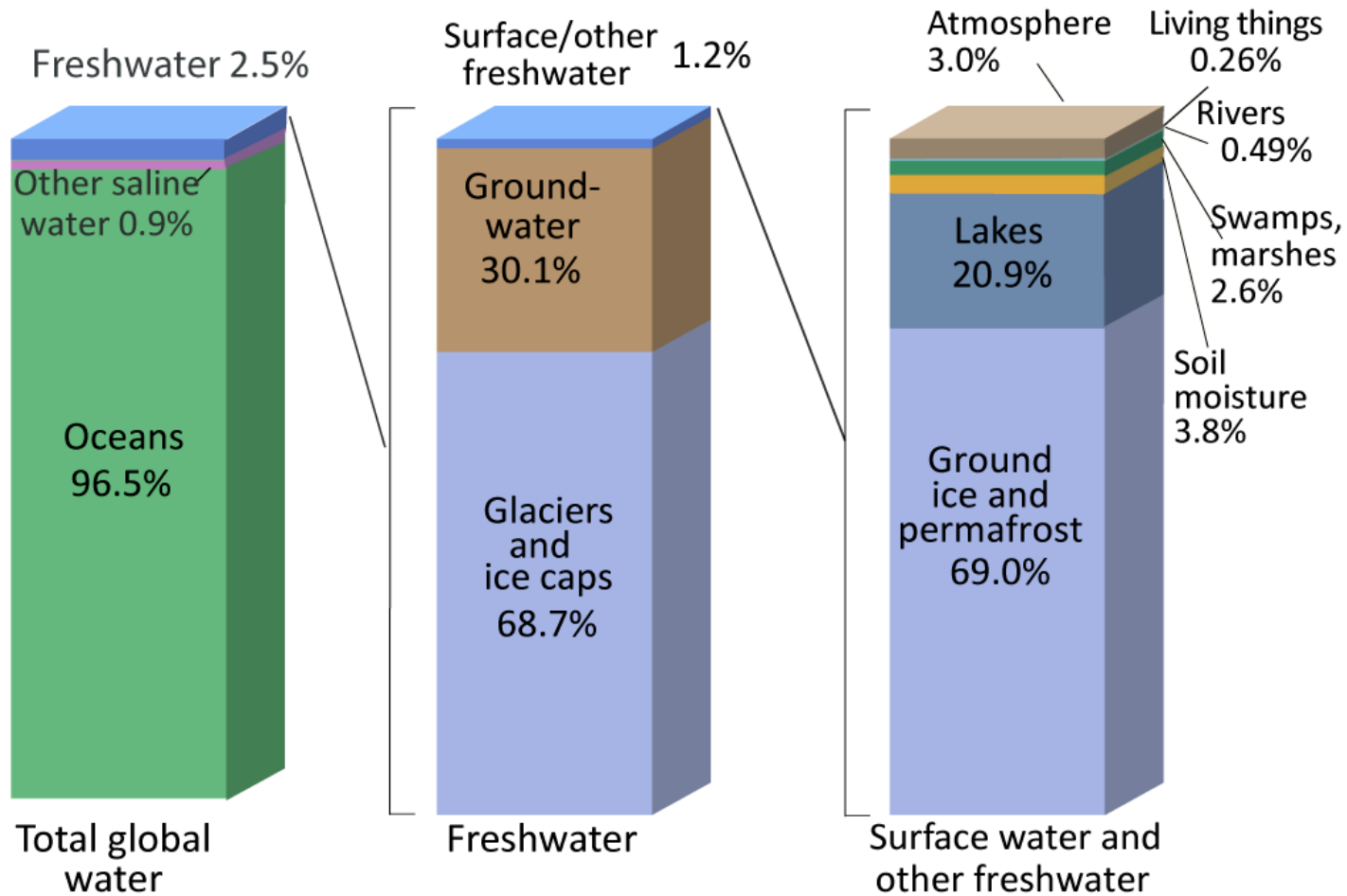
© Smith & Smith, Ökologie, 2009

Mittlerer jährlicher Niederschlag der Jahre 1981 bis 2010:



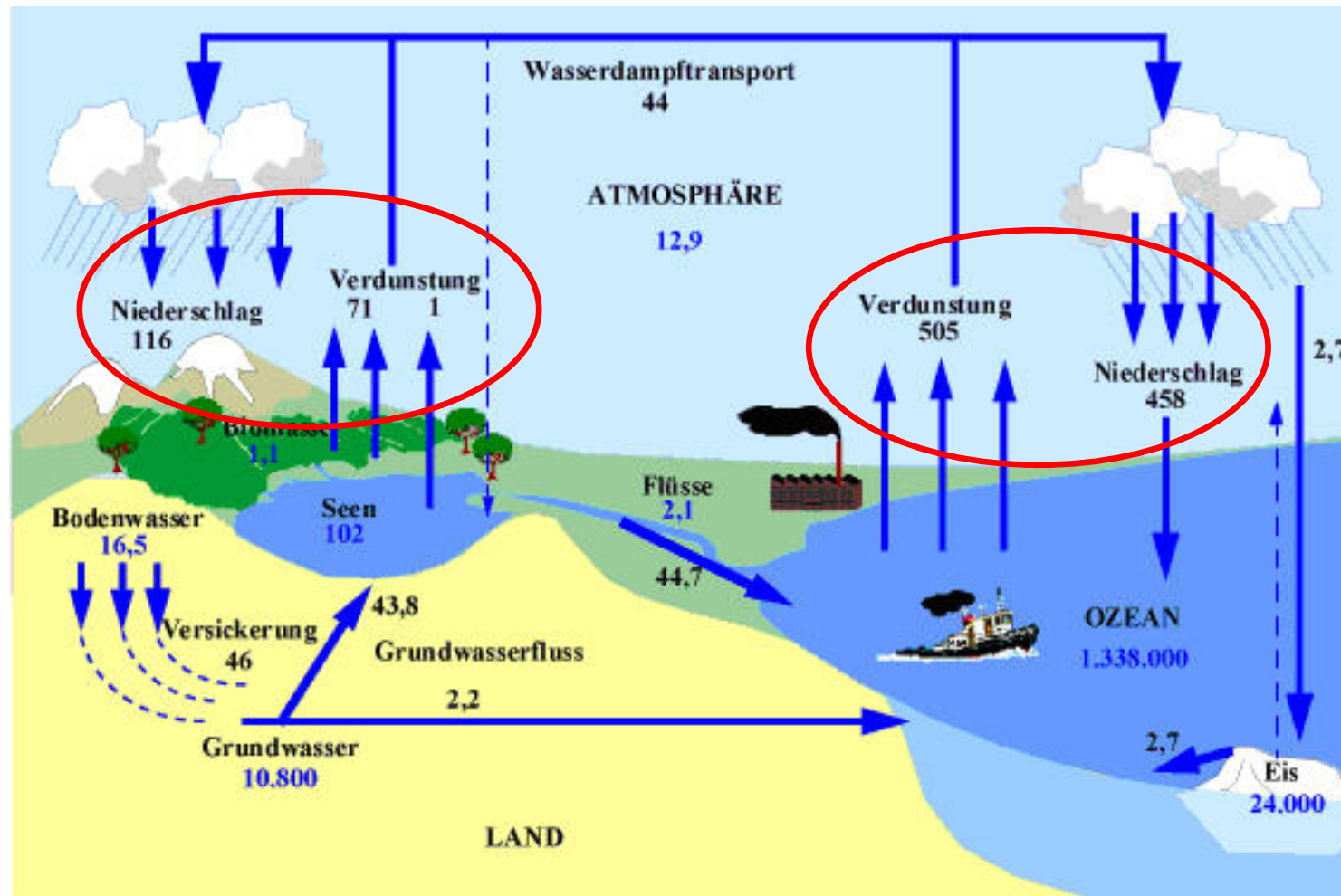
Globaler Wasserhaushalt allgemein

Where is Earth's Water?



Source: Igor Shiklomanov's chapter "World fresh water resources" in Peter H. Gleick (editor), 1993, *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*. (Numbers are rounded).

Globaler Wasserkreislauf



Reservoir (blaue Ziffern) in 1.000 km³, Flüsse/Wassertransport in 1.000 km³/Jahr (schwarze Ziffern)

© <https://wiki.bildungserver.de/klimawandel/index.php/WasserkreislaufDaten> nach: Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderung (WBGU): Welt im Wandel: Wege zu einem nachhaltigen Umgang mit Süßwasser. Jahresgutachten 1997, Berlin 1997, S.59 - Weitere und teilweise deutlich abweichende Werte finden sich bei J. Marcinek (2004): Wasserkreislauf und Wasserbilanz - globale Übersicht, in: Lozán, J.L. u.a.(Hg.): Warnsignal Klima: Genug Wasser für alle? Wissenschaftliche Fakten, Hamburg, 36-41

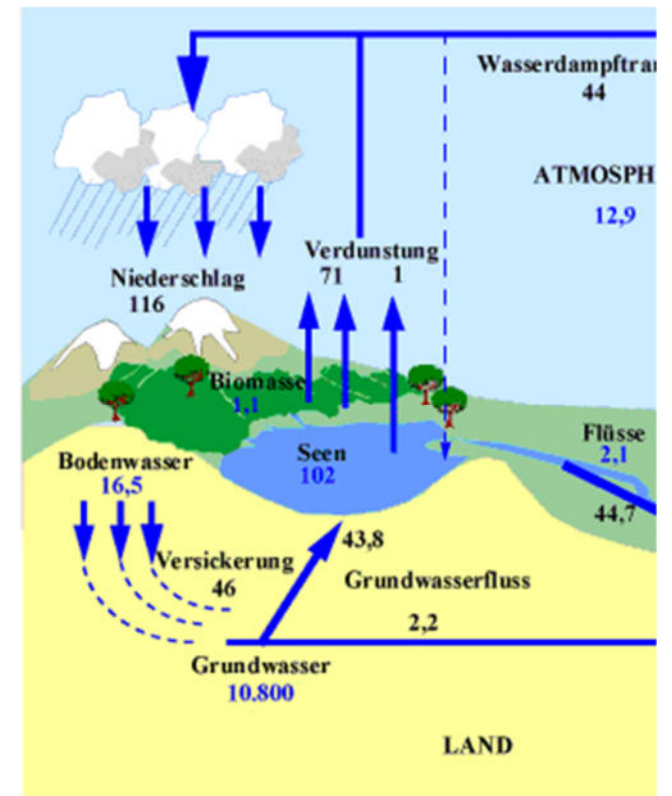
- Aufrechterhalten wird der Wasserkreislauf letztlich durch die **Sonneneinstrahlung** & die **Schwerkraft** der Erde. Die Prozesse, die dadurch direkt angetrieben werden, sind **Niederschlag, Verdunstung und Abfluss**.
- Größter Wasserlieferant sind die **Ozeane** – hier erfolgt auch der größte Austausch zw. Ozean & Atmosphäre

- **Terrestrischer Wasserkreislauf**

Für ein abgegrenztes Gebiet und einen bestimmten Zeitraum gilt die **allgemeine Wasserhaushaltsgleichung/Wasserbilanz**:

$$N + Q_{in} = ET + Q_{out} + \Delta S$$

Niederschlag + Zufluss = Evapotranspiration (Verdunstung) + Abfluss + Speicheränderung (Rücklage - Verbrauch)



Speicher sind vor allem **Grundwasser- & Oberflächenwasserreservoirs**

Ressourcen

- werden von Organismen im Zuge **ihres Wachstums, ihrer Entwicklung und für die Aufrechterhaltung der Lebensfunktionen verbraucht und umgewandelt**
- **Abiotische oder biotische Bestandteile der Umwelt:** z.B. Sonnenstrahlung, Kohlenstoffdioxid, Wasser, Nährstoffe (N, P,..), Biomasse andere Organismen
- **Ursache für Interaktionen zwischen Organismen:** Konkurrenz, Nahrungsbeziehungen,..
- *Ressourcen für fotosynthesebetreibende (fotoautotrophe) Organismen:* Lichtstrahlung, Wasser, Nährsalze, Kohlenstoffdioxid
- *Ressourcen für heterotrophe Organismen:* Wasser, Nahrung, Sauerstoff, Sonderfall Fortpflanzungspartner,...

Lichtstrahlung

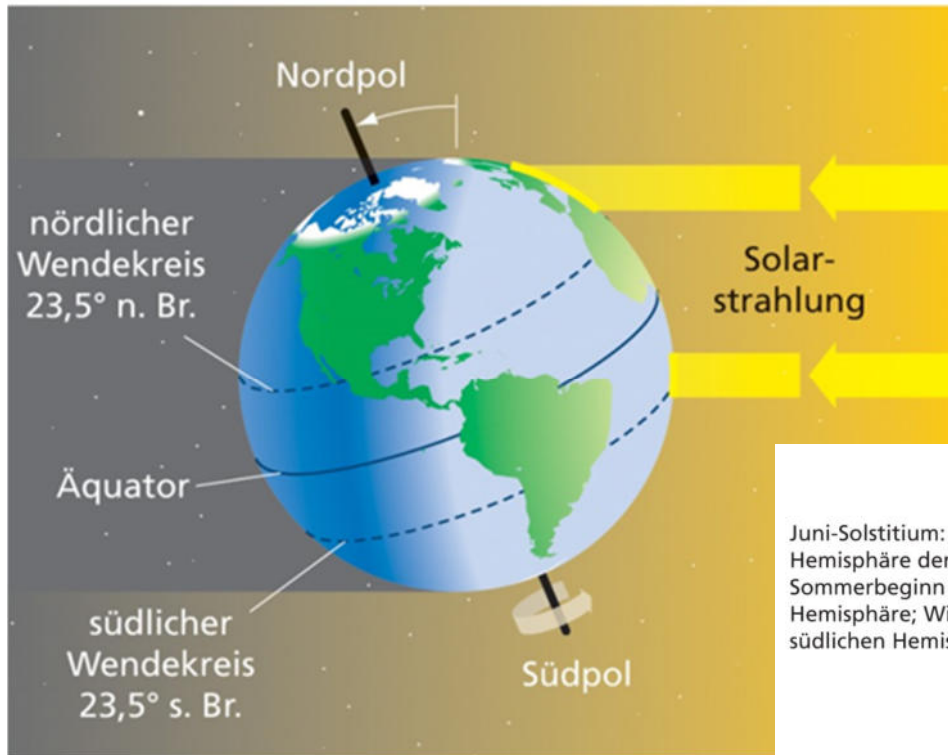
- Wesentliche Ressource für **Pflanzen, Algen und Cyanobakterien** → Fotosynthese
- Fotosyntheserate ist **vorrangig** von **der Lichtintensität, Temperatur** und dem **CO₂-Gehalt** abhängig

Die auf Organismen **einfallende Sonneneinstrahlung** (Intensität abh. vom Einfallswinkel und Dauer) ist **ständigen Veränderungen** unterworfen und abhängig von:

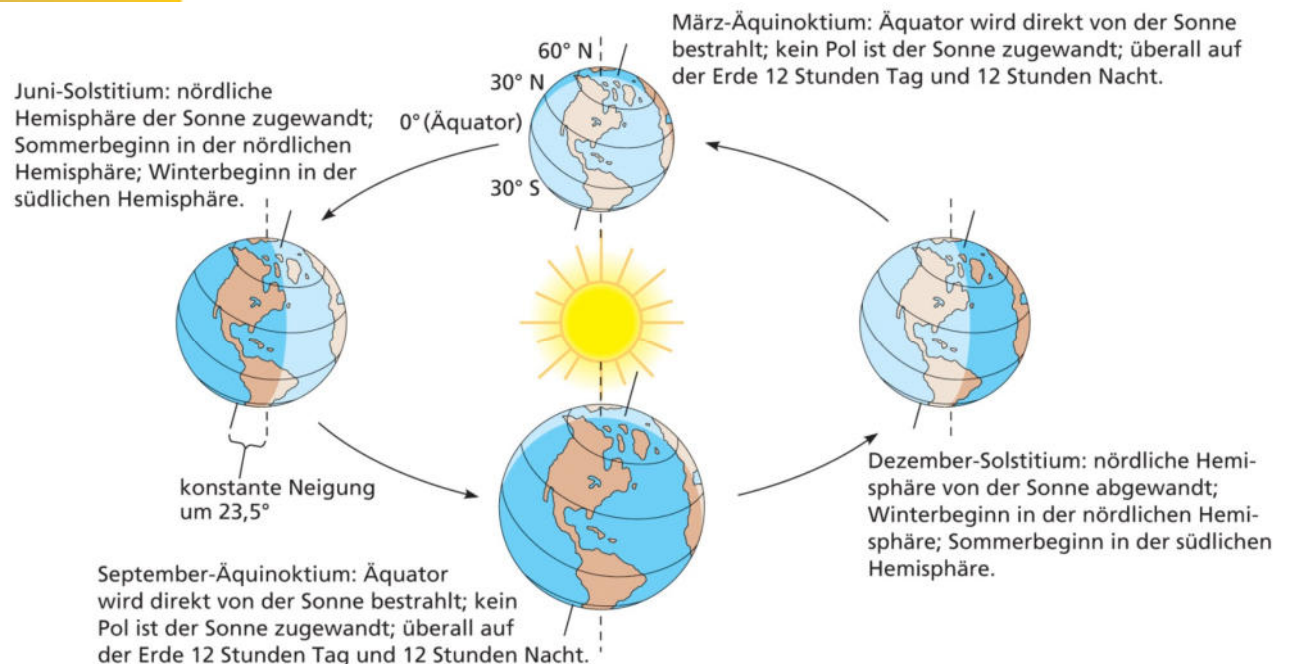
- Geografischen Breite
- Tages- und Jahreszeitlichen Schwankungen
- Luftfeuchtigkeit, Wolkenbedeckung
- Lokale Geomorphologie: Neigung, Exposition
- Vegetation
- Gewässertiefe & Menge der Schwebstoffe u. Algen

Großräumige Einflüsse auf die Einstrahlung an einem Standort: → untersch. Bestrahlungsintensität (Einfallswinkel) und Dauer, abhängig von:

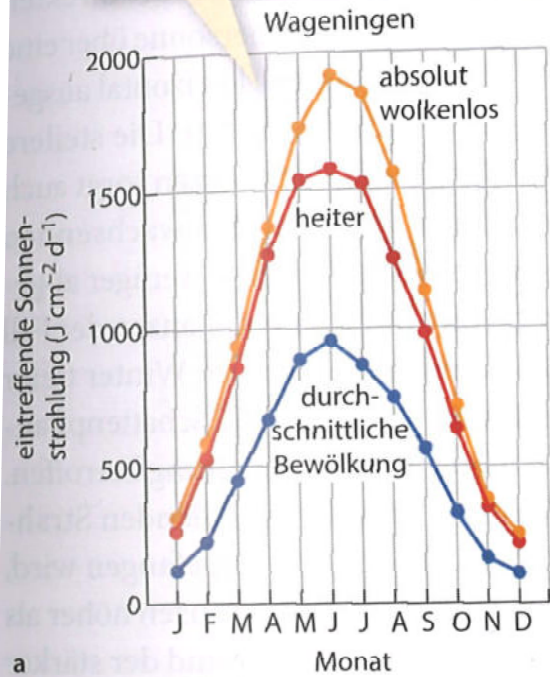
Geografische Breite:



Jahreszeitliche Veränderungen durch Erdumlaufbahn:

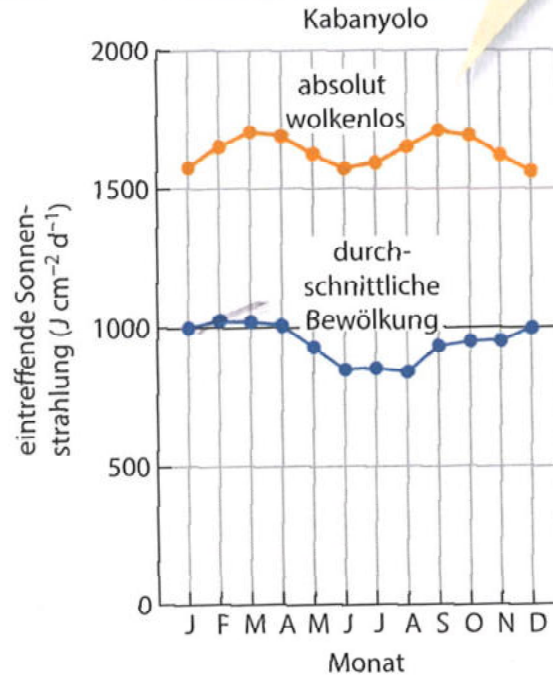


Die saisonale Veränderung der Lichtintensität ist in der gemäßigten Zone, wie in dieser Stadt in den Niederlanden, groß ...

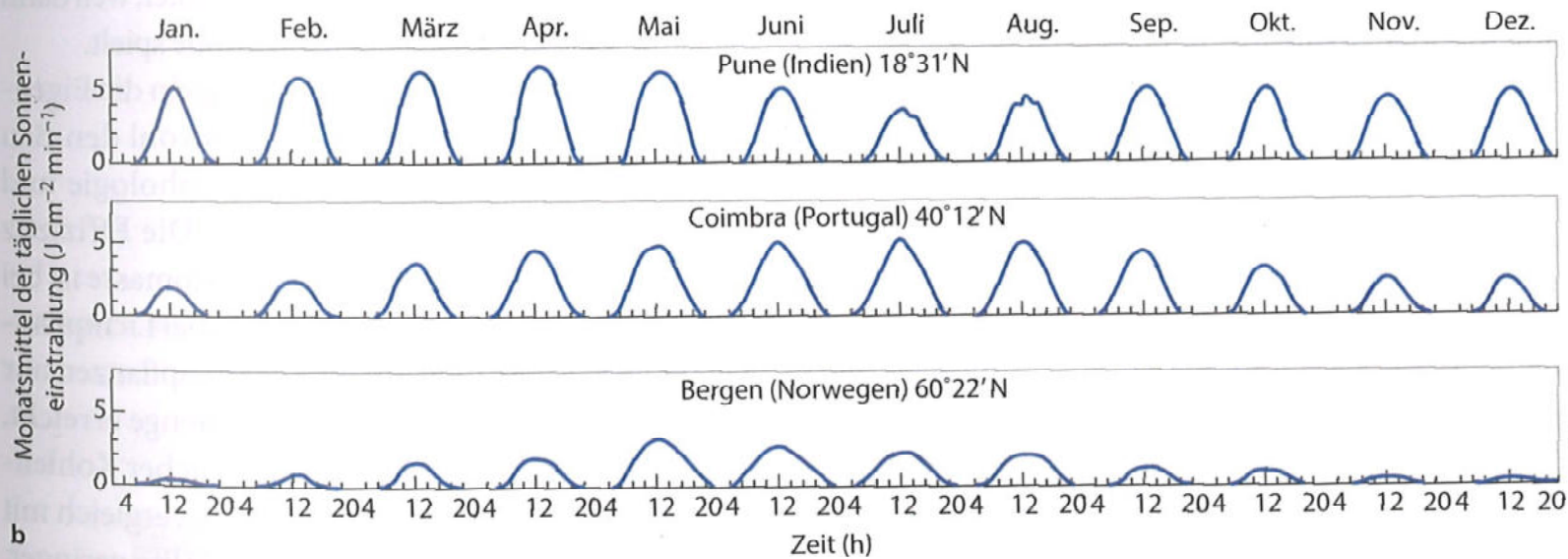


a

... in den Tropen dagegen weitaus geringer, wie in dieser Stadt in Uganda.



b



Kleinräumige Einstrahlungsunterschiede in Abhängigkeit von Neigung & Exposition des Geländes :

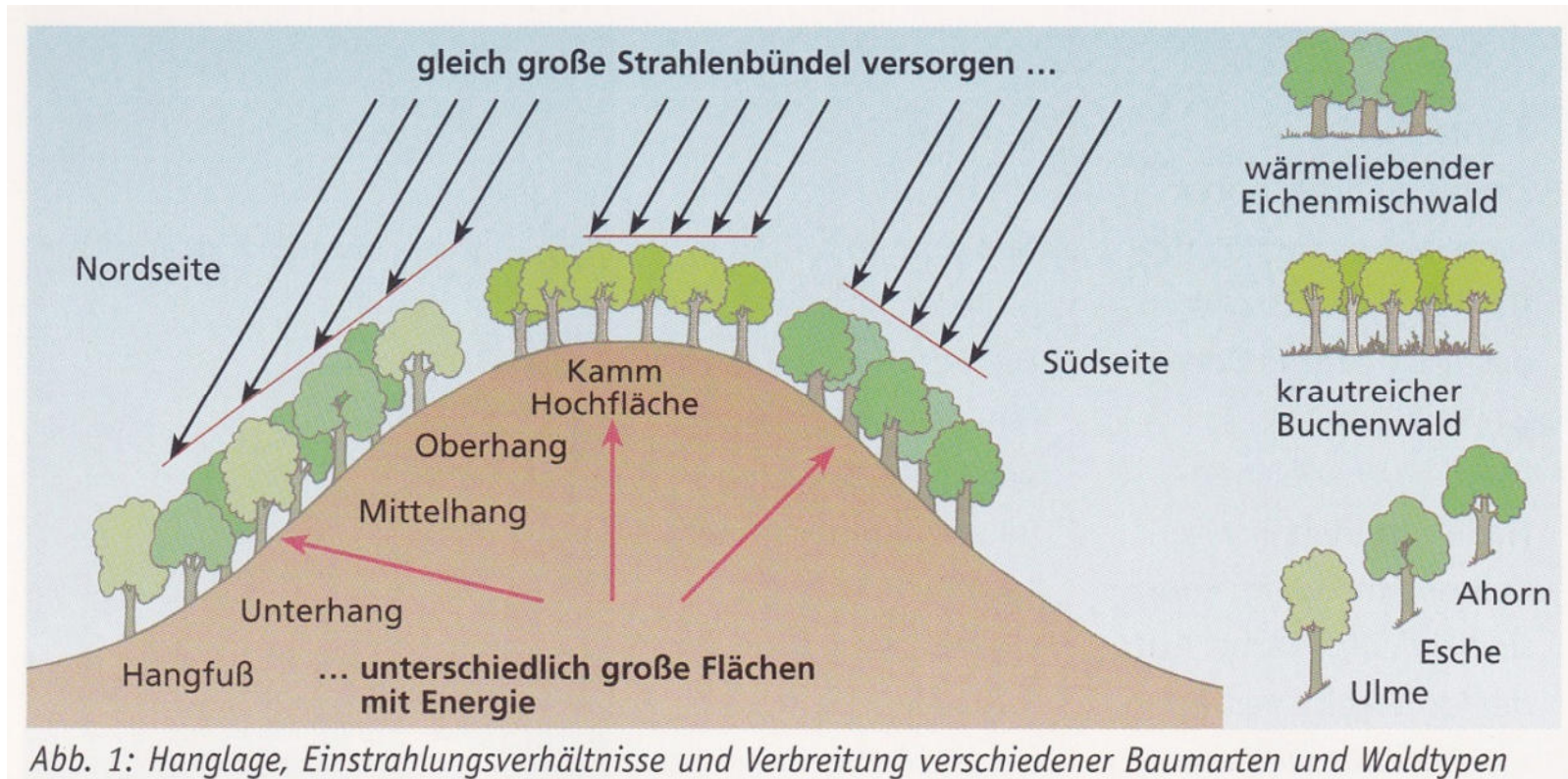
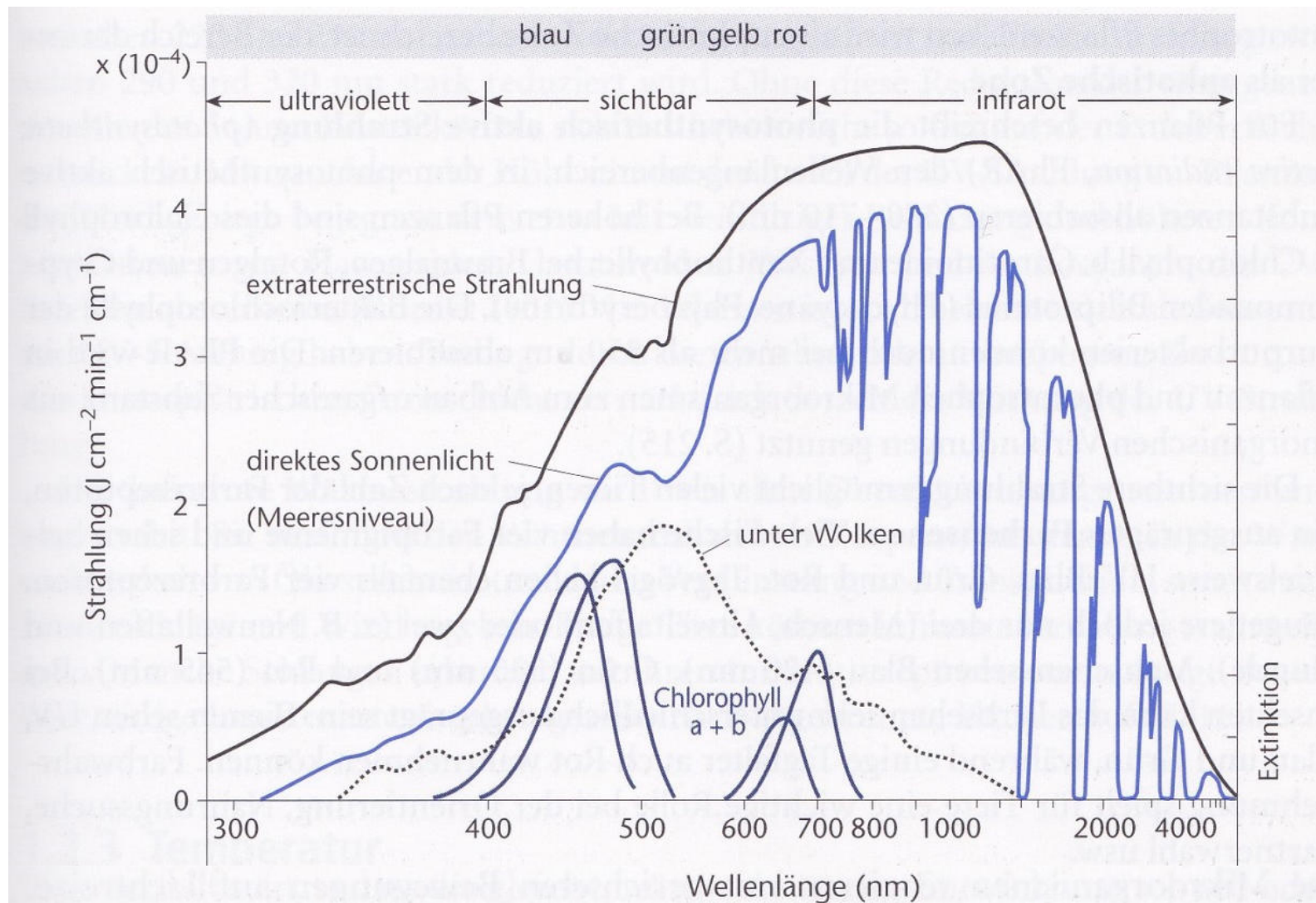


Abb. 1: Hanglage, Einstrahlungsverhältnisse und Verbreitung verschiedener Baumarten und Waldtypen

© Keil & Ruttner, BIOS 2, 2006

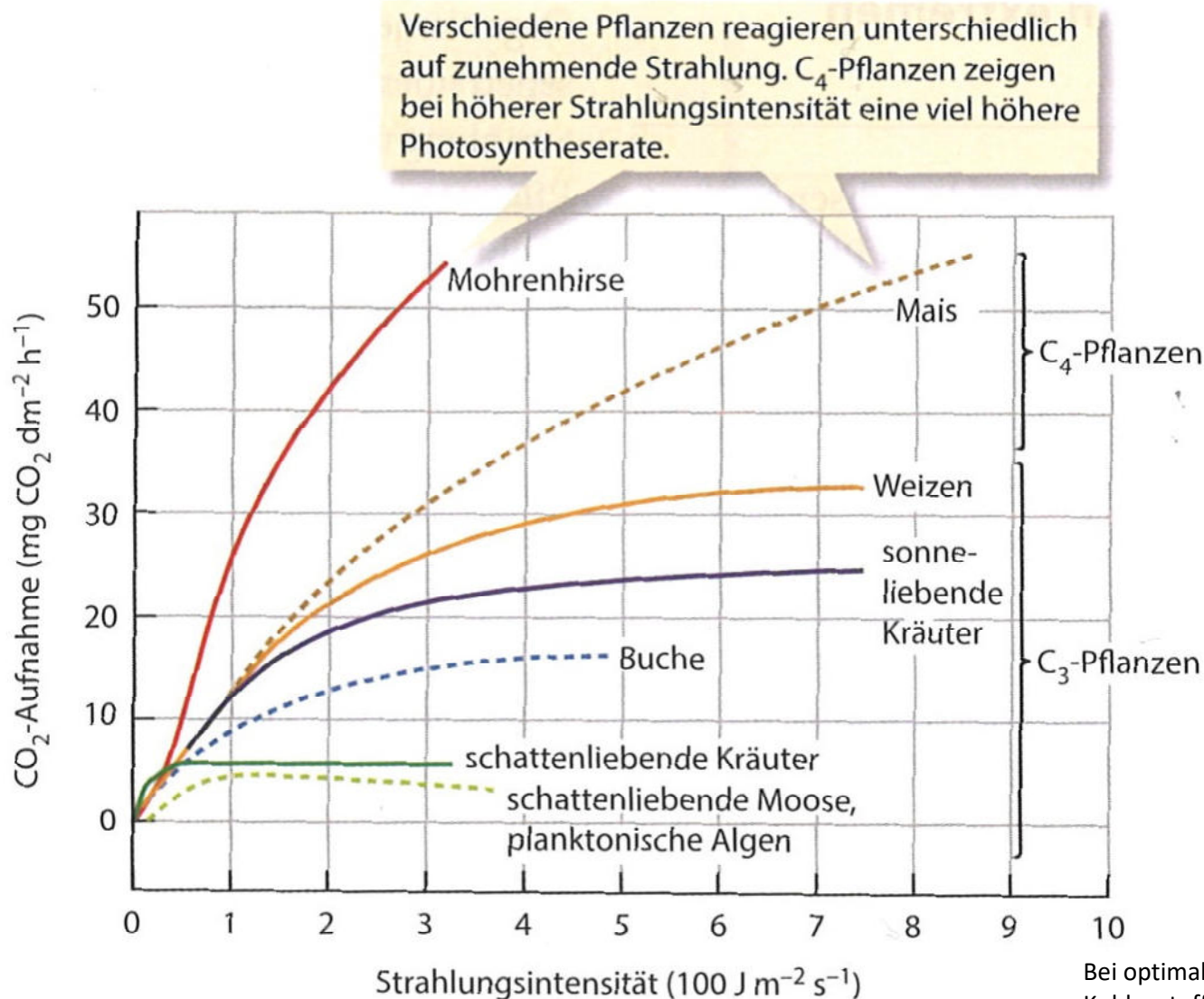
Auch das einfallende **Lichtspektrum** kann unterschiedlich sein:



© Nentwig et al., Ökologie, 2007

1.4 Spektrale Verteilung der extraterrestrischen Sonnenstrahlung, des Sonnenlichtes bei freiem und bei bedecktem Himmel, sowie die Absorptionsspektren von Chlorophyll a und b. Nach Gates (1965).

- **Pflanzen nutzen Lichtintensitäten unterschiedlich:** → art- (taxa)spezifische Anpassung an Standorte – artabhängige Lichtsättigung

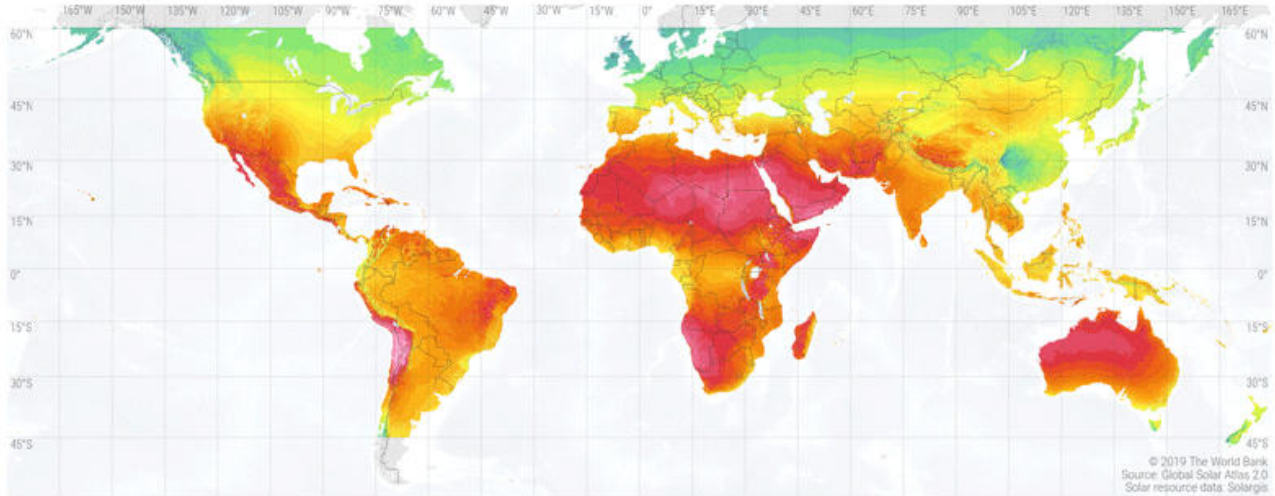


100 Joule/m²/s entspricht ca. 2,4 KWh/m²/d (in Ö bis max. 160 Joule oder 3,83 KWh/m²/d)

© Begon, Howarth, Townsend (2014). Ökologie. 3. Auflage




Bei optimaler Temperatur & natürlicher Kohlenstoffdioxidzufuhr

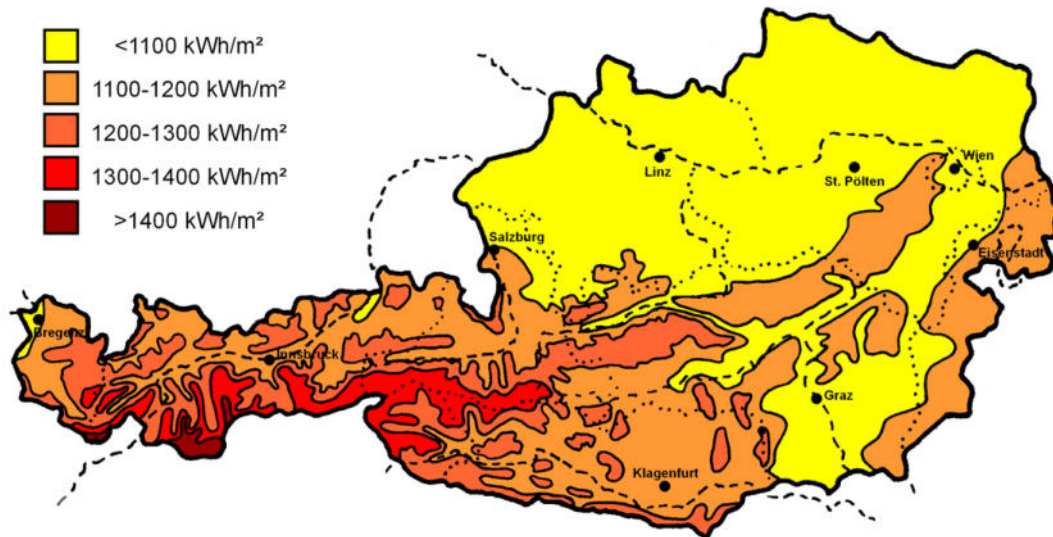
Globalstrahlung weltweit



Quelle: <https://echtsolar.de/globalstrahlung/>

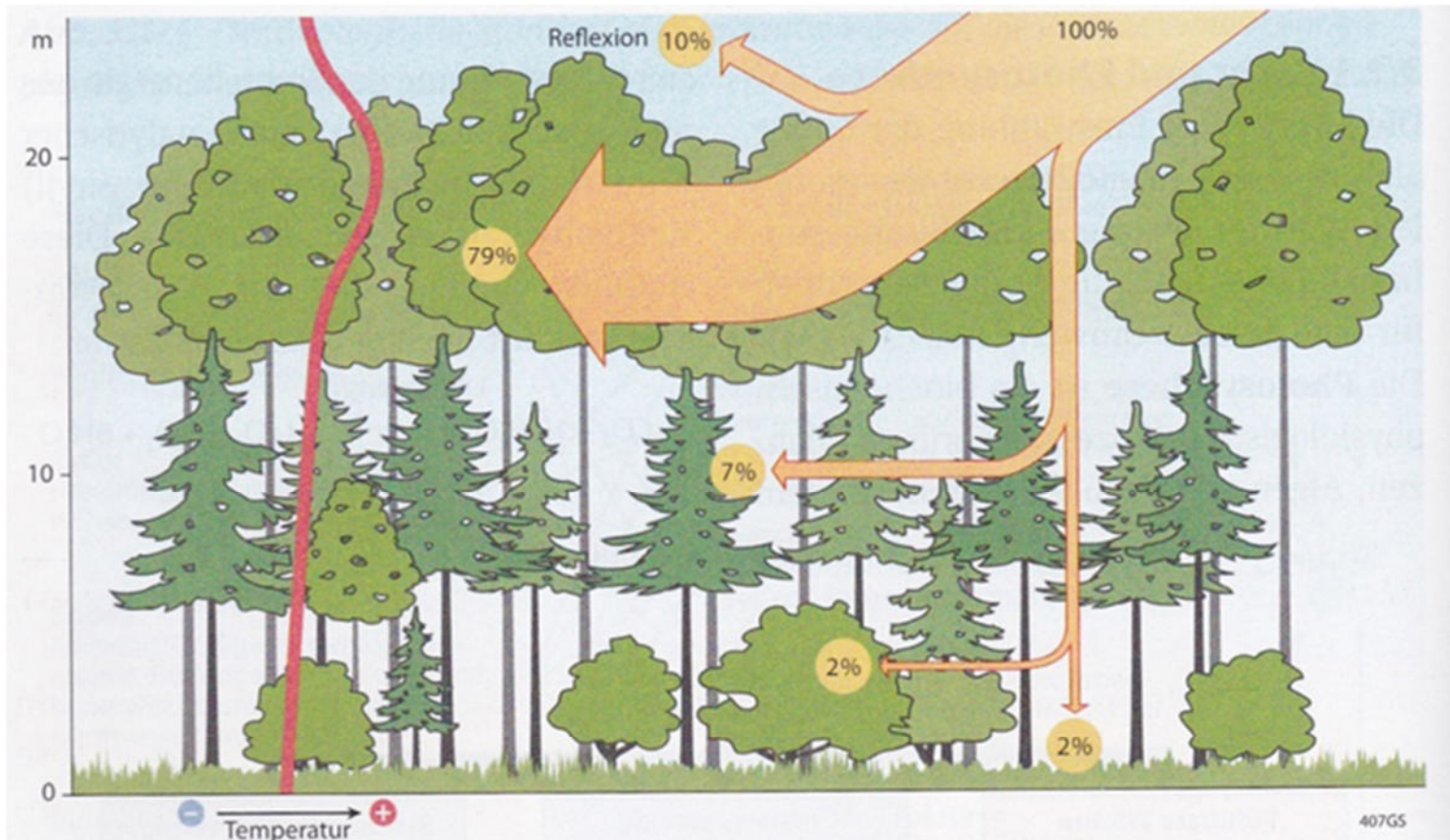
Mittlere jährliche Summe der Globalstrahlung auf die horizontale Fläche

-  <1100 kWh/m²
-  1100-1200 kWh/m²
-  1200-1300 kWh/m²
-  1300-1400 kWh/m²
-  >1400 kWh/m²



Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik - Abteilung für Klimatologie

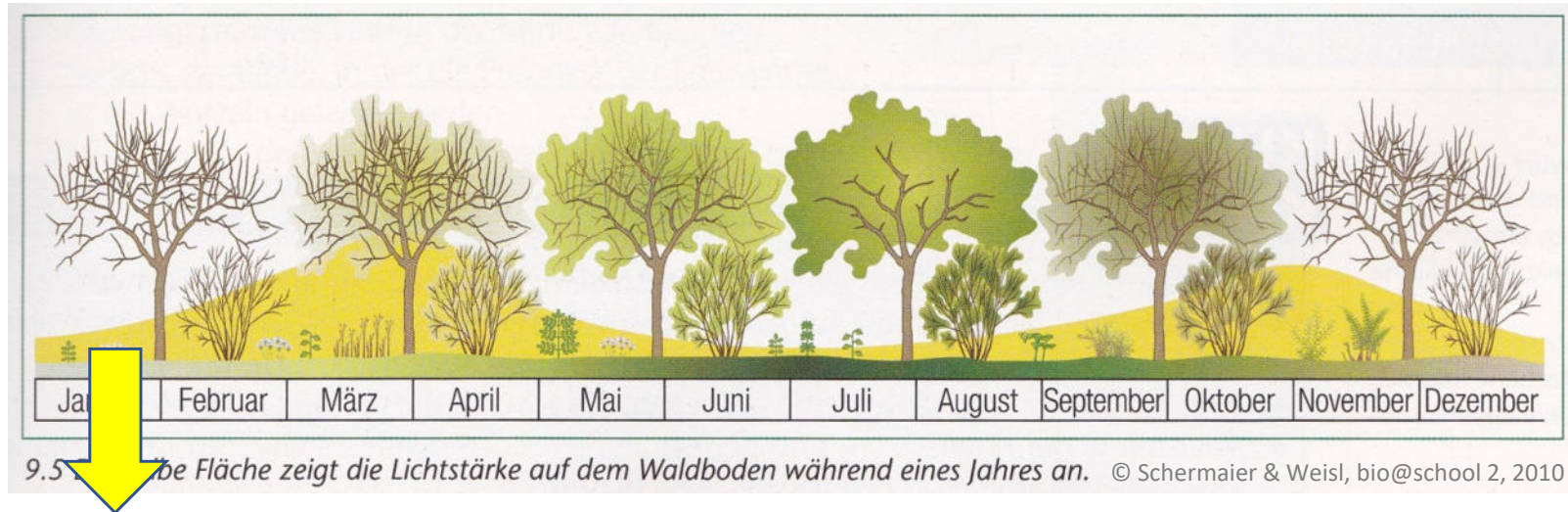
Kleinräumige Einstrahlungsunterschiede im Vegetationsbestand:



Angaben der kurzwelligen Strahlungsverteilung in Prozent der an der Bestandsoberfläche einfallenden Einstrahlung. Die rote Kurve kennzeichnet den relativen Temperaturverlauf bei Tag im Waldbestand. Der größte Verlust an kurzwelliger Strahlungsenergie beim Durchtritt durch den Waldbestand erfolgt im Bereich der oberen Kronenschicht, wo eine aktive Oberfläche ausgebildet wird (Bereich maximaler Umwandlung von kurzwelliger Strahlung in langwellige Wärmestrahlung).

Abb. 3.2.1/2 Licht- und Temperaturverteilung in einem stockwerkartig aufgebauten Laub-Nadel-Mischwald (GLAWION, R. et al. 2012)

➤ Unterschiede im Lichteinfall auf den Waldboden - abhängig von Jahreszeit



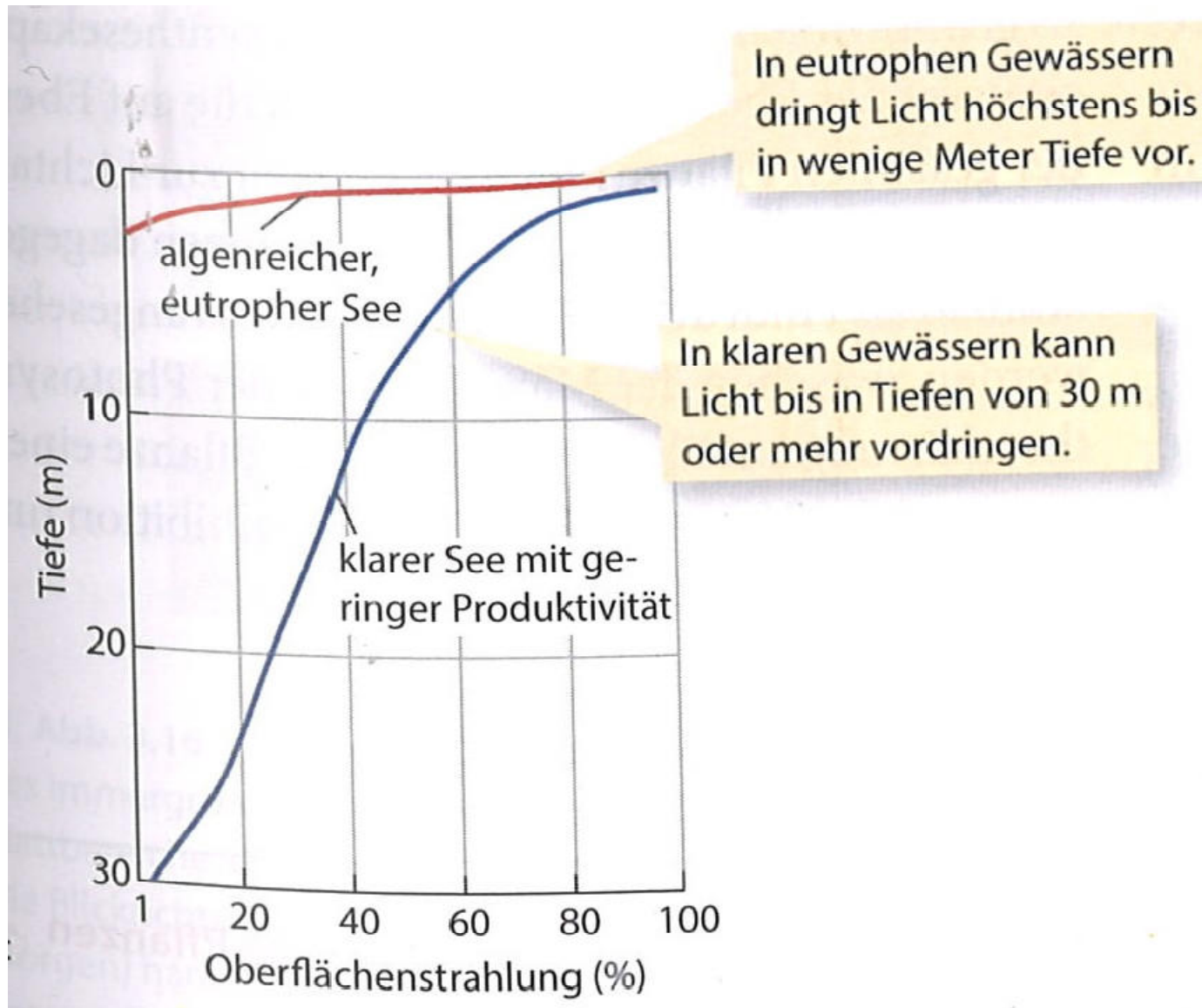
→ Strategie der Frühblüher
(Spezialfall:
Frühlingsgeophyten)



© BerndH / wikipedia

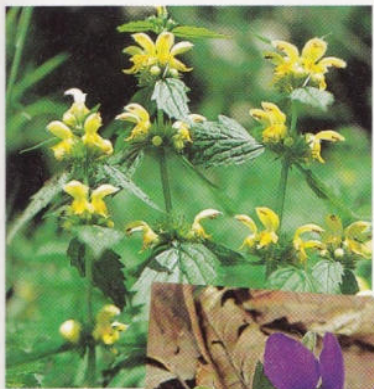


Einstrahlungsunterschiede in Gewässern:



© Begon, Howarth, Townsend (2014), Ökologie, 3. Auflage

Lichtansprüche verschiedener Pflanzenarten



Goldnessel



Wald-
Veilchen



Busch-Windröschen



Bär-Lauch



Bingelkraut



Leberblümchen



Weidenröschen

Abb. 3: Einige Waldkräuter

Planzenart	Licht-Zeigerwert (nach Ellenberg)	ungefähre Lichtmenge am Wuchsort in % der Helligkeit an einem unbeschatteten Ort
Klatsch-Mohn	6	zwischen 10% und 40%
Busch-Windröschen	2	zwischen 1% und 3%
Weidenröschen	8	meist bei mehr als 40%
Goldnessel	3	zwischen 3% und 5%
Kornblume	7	zwischen 30% und 50%
Bingelkraut	2	zwischen 1% und 3%
Margerite	7	zwischen 30% und 50%
Bär-Lauch	2	zwischen 1% und 3%
Sauerklee	1	auch unter 1%
Wald-Veilchen	4	zwischen 5% und 10%

6. Nicht alle in der Tabelle angeführten Pflanzen gedeihen in einem Buchenwald. Suche nach einer Begründung und finde heraus, welche Pflanzen das sind.

7. Busch-Windröschen und Leberblümchen blühen sehr zeitig im Frühjahr (Frühblüher, vgl. bios 1, S. 132). Gib eine Erklärung dafür.

- Bsp. für **Schattenpflanzen** (Skiadophyten) in Wäldern:

Großes Springkraut (*Impatiens noli-tangere*)



- Blätter häufig nur in einer Lage und horizontal ausgerichtet → geringe Sonneneinstrahlung optimal nutzbar
- Häufig großblättrig

Waldsauerklee (*Oxalis acetosella*)



Von Ryan Hodnett - Eigenes Werk, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=116118894>

Von Malte - Eigenes Werk, CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12034046>

- Bsp. für spezialisierte **Sonnenpflanzen** (Lichtpflanzen, Heliophyten)



Echter Thymian
(*Thymus vulgaris*)

© P. Schönfelder

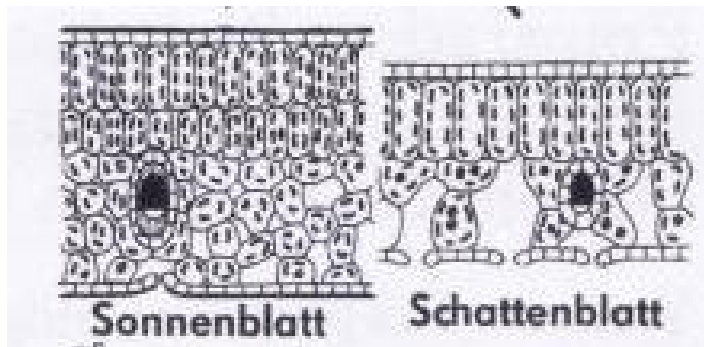
- Blätter zumeist in spitzem Winkel zur Mittagssonne
- Blätter meist in mehreren Lagen/Schichten an den Knoten der Sprossachse ausgebildet
- Blattspreite häufig reduziert

- Pflanzen haben im **Laufe der Evolution eine riesigen Vielfalt an verschiedenen Blättern** entwickelt. Jede Blattform ist dabei auch eine **Angepasstheit an die jeweilige Umwelt**.
- Diese **erbliche Variabilität** entstand/entsteht durch **Selektionsdruck** v.a. in Richtung
 - *größtmöglicher Effizienz der Wassernutzung* (Fotosyntheseleistung pro Einheit verdunsteten Wassers)
 - *Minimierung der Fraßschäden* und
 - *Verringerung einer potentiellen Überhitzung*



© <https://www.mpg.de/vielfalt/blaetter>

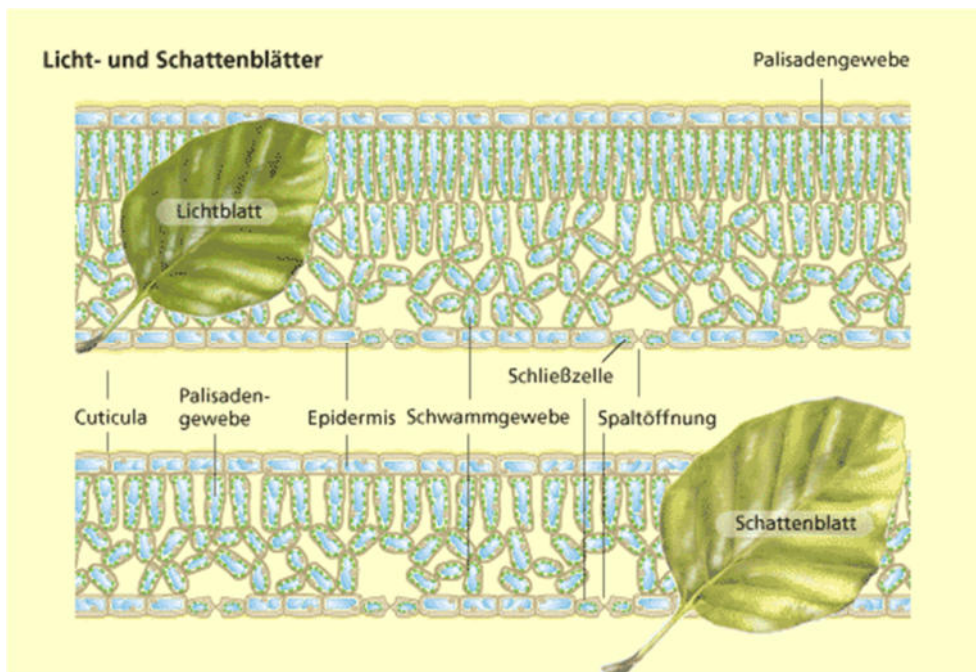
- **Sonnen- und Schattenblätter:** nicht jede arttypische Blattform ist erblich auf nur einen Phänotyp fixiert– bei vielen Pflanzen entstehen die Variationen als **Reaktion/Anpassung an unterschiedliche Lichtverhältnisse auf einem Individuum** z.B. bei Rotbuche



© Braune et al., Pflanzenanatomisches Praktikum I, 2007, S. 175

Sonnenblätter: vollem Licht ausgesetzt
dicker – mehr Zellschichten mit hoher Dichte an Chloroplasten, verdickte Cuticula

Schattenblätter im unteren Kronenbereich: erreicht nur geringe diffuse Strahlung, dünner, oftmals aber größer – um geringere Lichtausbeute zu kompensieren (Prinzip der Oberflächenvergrößerung!)



© <https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/biologie-abitur/artikel/licht-und-schattenblaetter>