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

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

Wieso lebt sie dort?

Biotop

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

- 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, …**

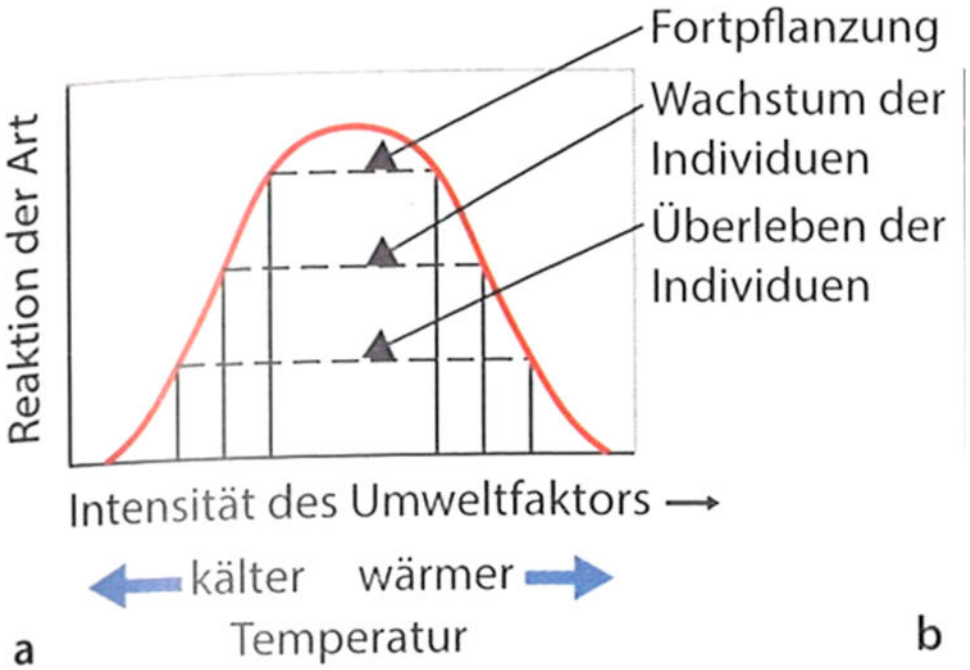
Wichtig: Abiotische Faktoren können **lokal zwar von Lebewesen verändert** werden, werden aber **nicht durch die Aktivität von Lebewesen verbraucht**!!!

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

- **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)
- *<u>3 Typen von Reaktionskurven:</u>*

Optimumkurve:

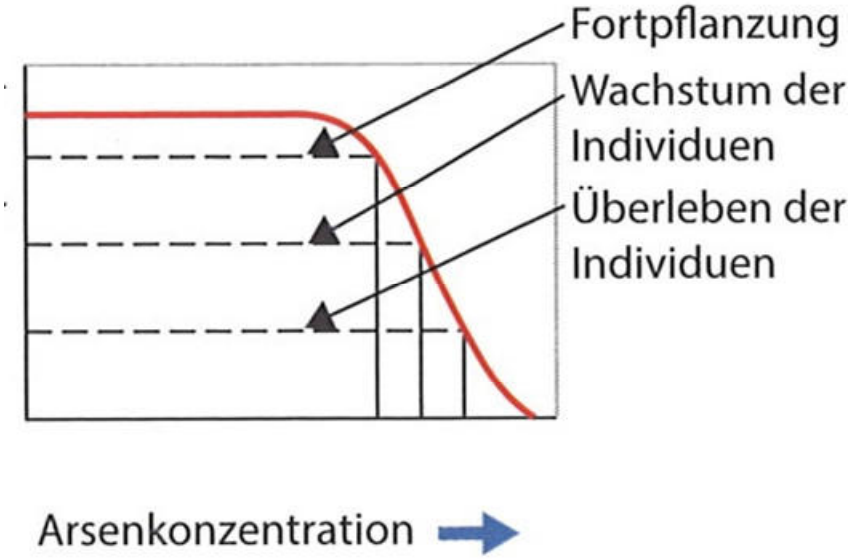
- Extrembedingungen wirken sich letal aus, weniger extreme verhindern ein Wachstum und nur optimale Bedingungen ermöglichen Reproduktion
- Je näher man dem Optimum, umso stärker/wahrscheinlicher sind Wachstum und Fortpflanzung
- Für versch. Organismen ergeben sich untersch. Reaktionskurven
- ähnliche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



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

Toleranzkurve

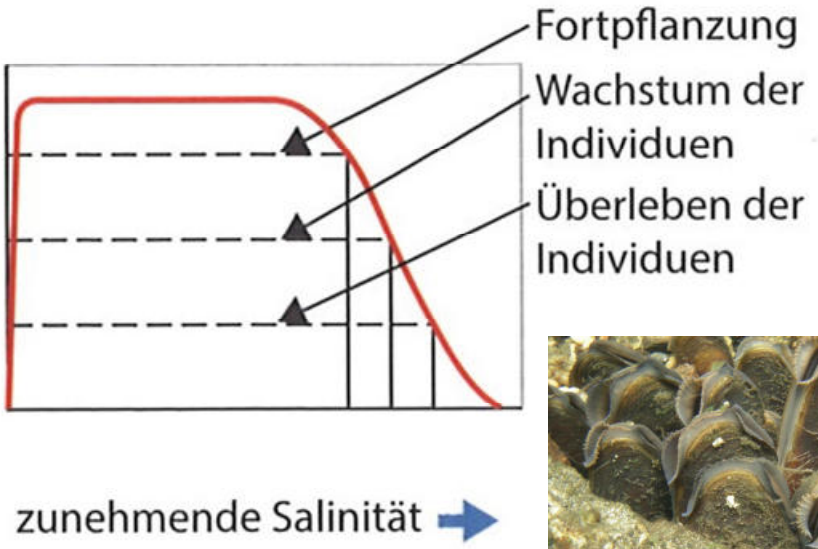
- Der Organismus hat eine gewisse Toleranz für eine bestimmte Bedingung
- Niedrige Dosen werden verkraftet, bei hohe Dosen werden rel. rasch Fortpflanzung & und dann auch Wachstum vermindert, zu hoch → letal



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

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

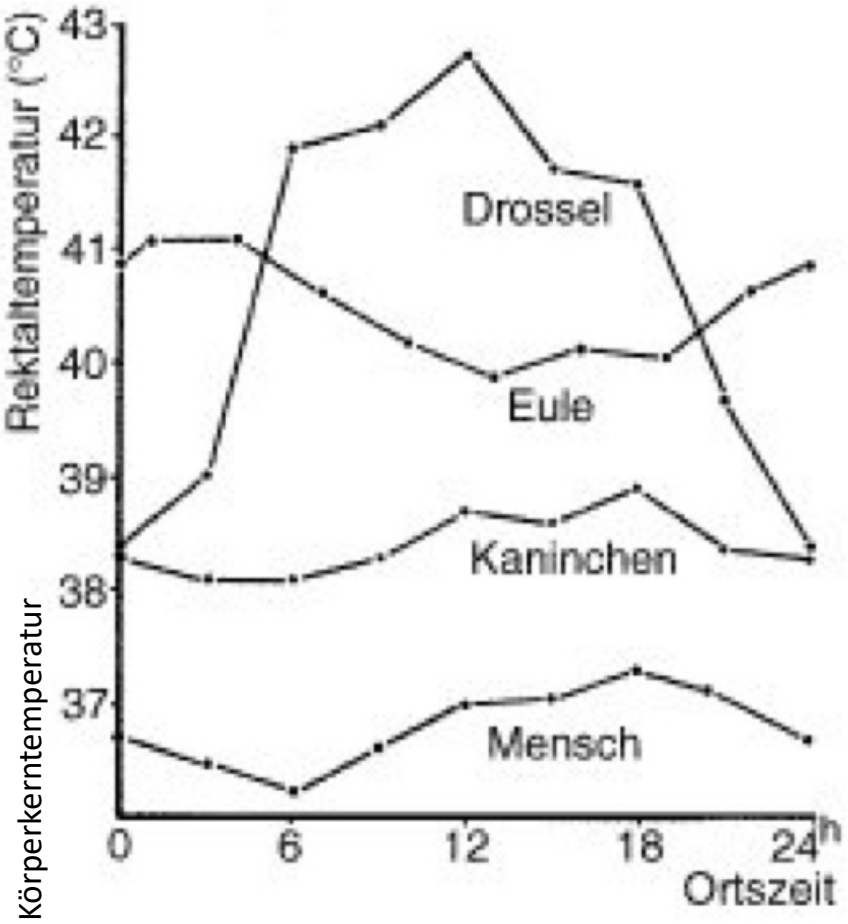
Temperaturhaushalt von Organismen:

- **Ektothermie (=wechselwarm, poikilotherm):** Körpertemperatur ganz oder großteils von Außentemperatur abhängig → damit die Geschwindigkeit des Stoffwechsels durch **äußere Wärmequellen** bestimmt
  meisten Tierarten (neben Bakterien, Archaea, Algen und Pflanzen): Wirbellose Tiere, 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
Ringelschleiche 15–30 (bei Aktivität)
Erdhummel 33 (bei Aktivität)

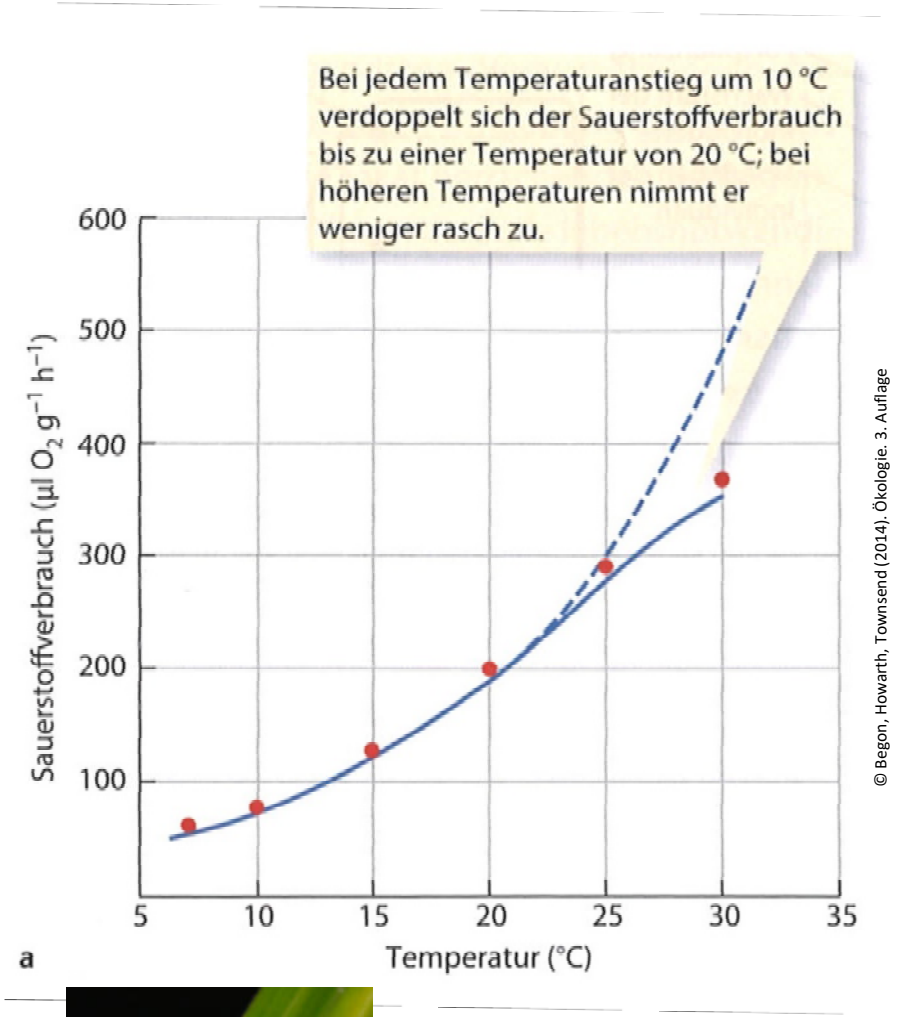
Igel 35
Wal 36,5
Pferd 37,5
Rind, Hund 38,5
Kaninchen 39
Haushuhn 39,8
Gans 40,5
Sperling 41
Ente, Taube 42

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

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

Auswirkungen der Temperatur

- Bei **Temperaturanstieg um 10°C steigt die Rate vieler biologischer Prozesse** (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 logischerweise 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 <u>wechselwarme</u> Tiere** – (gleichwarme mit konstanter Körpertemperatur!)



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

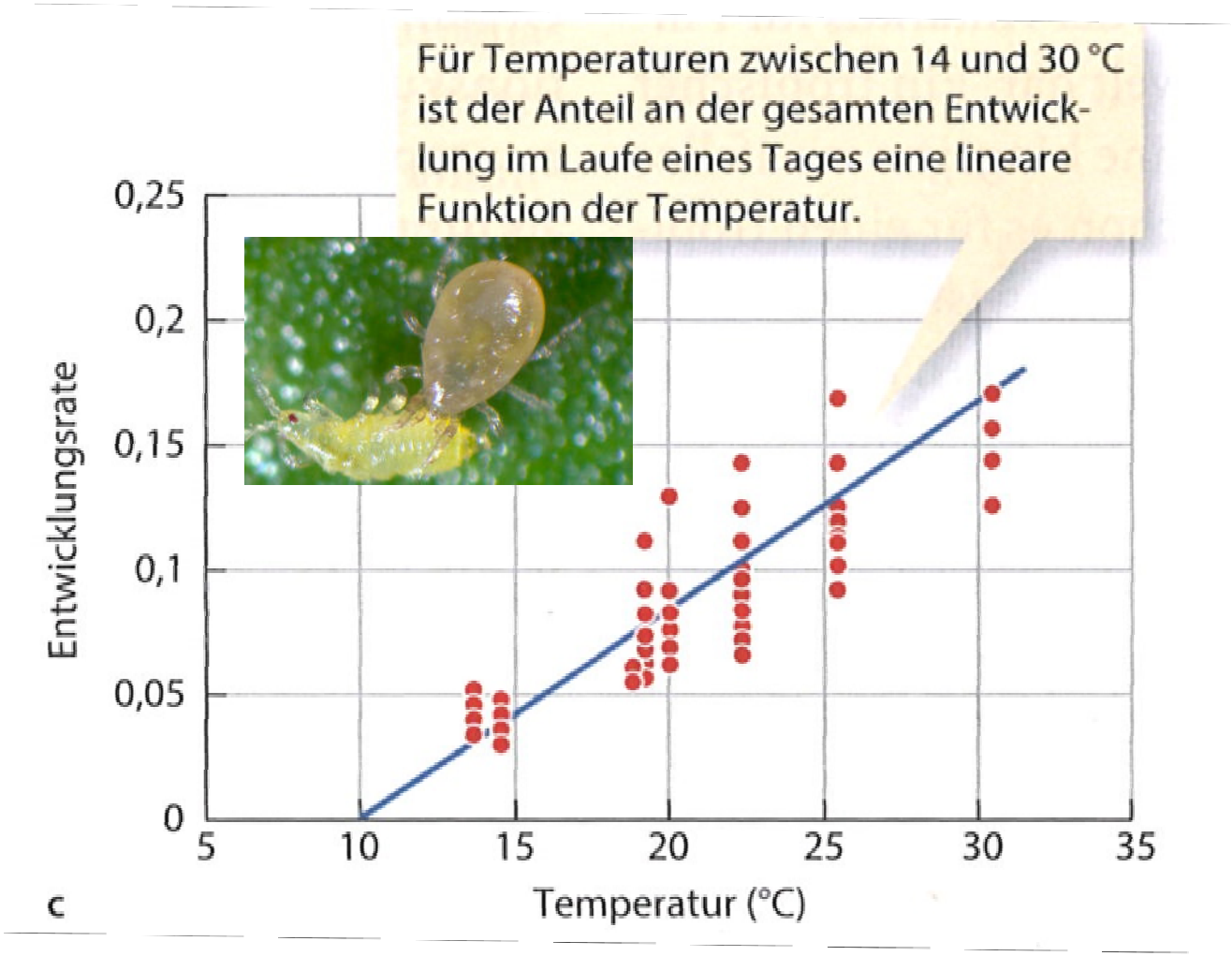
Kartoffelkäfer (*Leptinotarsa decemlineata*)

© 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:

→ **<u>Entwicklungsrate</u>** (=Geschwindigkeit der Entwicklung) erhöht sich häufig mit der Umgebungstemperatur

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

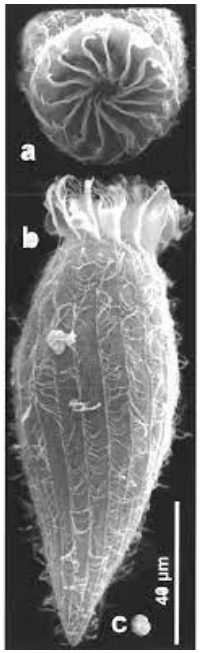


© https://hortoinfo.es/control-biologico-amblyseius-californicus/, Begon, Howarth, Townsend (2014). Ökologie. 3. Auflage

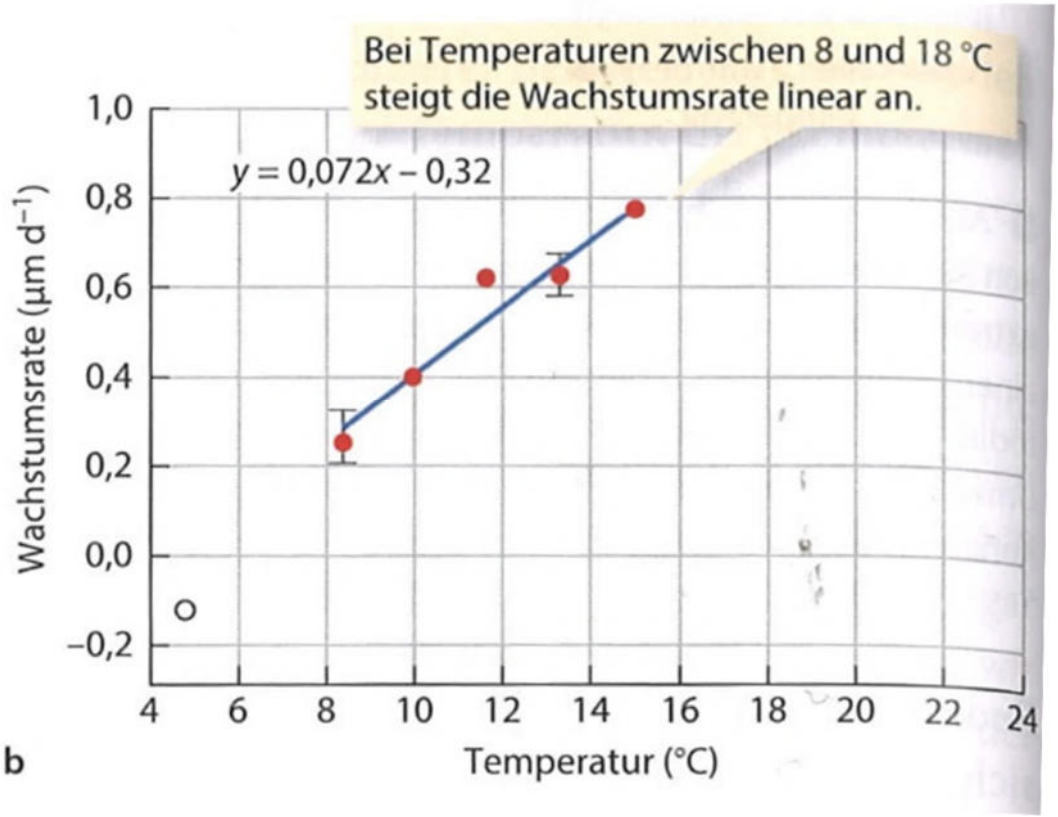
Gesamtheitlich/ökologisch betrachtet ist v.a. der **modulierende Einfluss der Umgebungstemperatur auf die Wachstums- oder Entwicklungsraten** oder die endgültig erreichte **Körpergröße** des wechselwarmen Organismus relevant:

- Entwicklungsrate ≠ **Wachstumsrate** (=Größenzunahme pro Zeiteinheit)
- auch die Korrelation zwischen **Umgebungstemperatur und <u>Wachstumsrate</u>** 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

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** (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 Argentiniens	Galápagos-Inseln
Jahresdurch-schnittstemperatur	-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

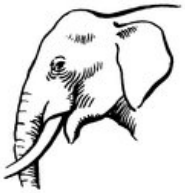
© http://www.tierenzyklopaedie.de

© Smith & Smith, Ökologie, 2009

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

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

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

© 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!!

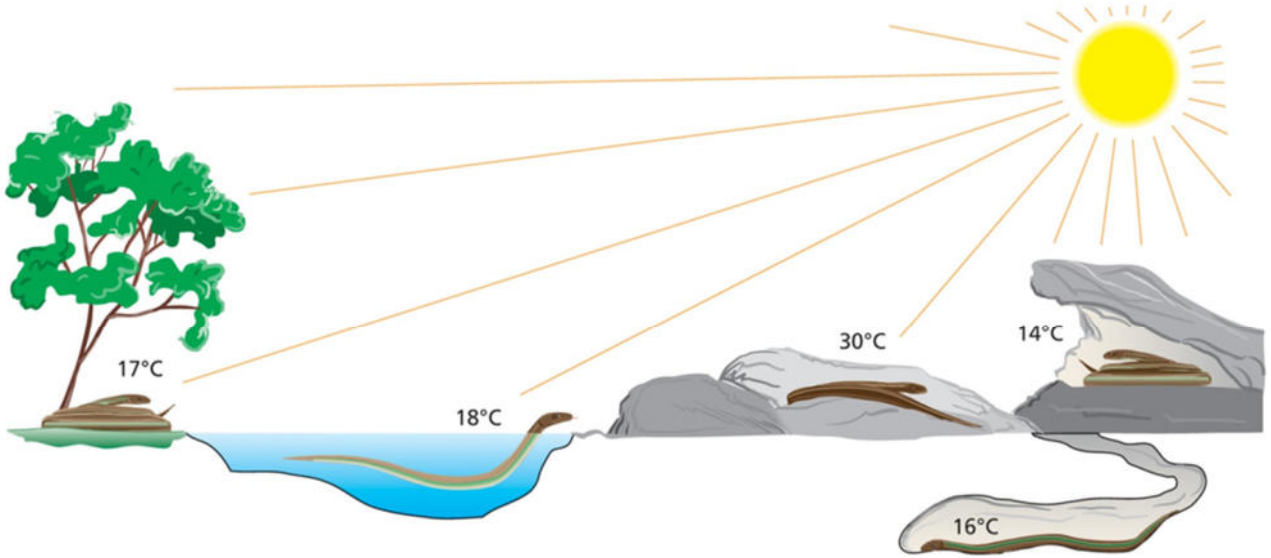
- *Evolution?* JA! Ein hervorragendes Beispiel für **konvergente Evolution**…

  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

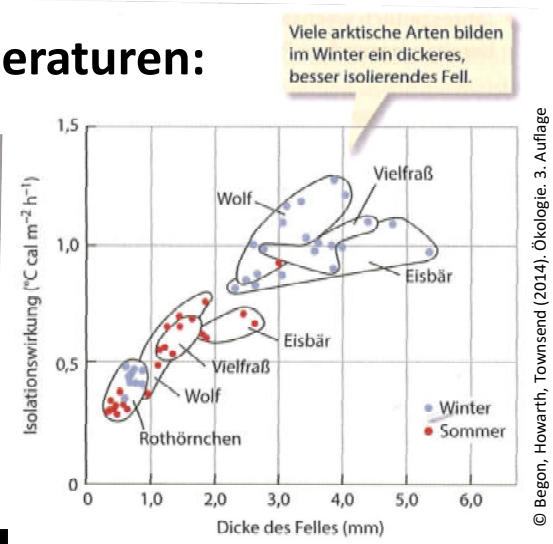
Abbildung 7.14: **Unterschiedliche Mikroklimate von Schlangen.** Schlangen suchen diese Klimate normalerweise zur Temperaturregulation während des Sommers auf (nach Pearson et al., 1993).

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



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

Abb. 3.13 Saisonale Veränderungen der Dicke des isolierenden Felles einiger Säugetiere aus der arktischen und der nördlichen gemäßigten Zone

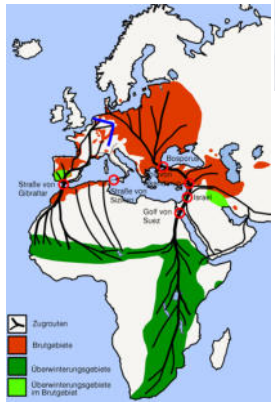
- **Nutzung der Körperwärme von Artgenossen** – z.B. Wärmetrauben bei Fledermäusen

© Karl Kugelschafter https://rlp.nabu.de/tiere-und-pflanzen/saeugetiere/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/Storche-laeuten-den-Vogelzug-ein.html , https://www.nabu.de/tiere-und-pflanzen/voegel/artenschutz/weissstorch/03562.html

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

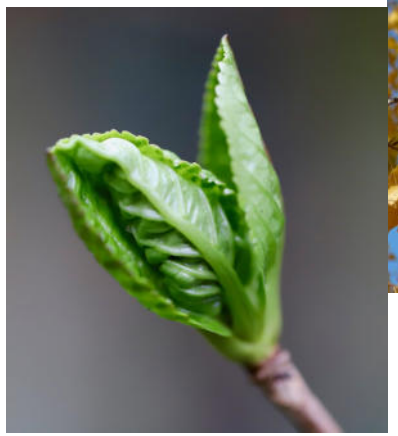
Umweltfaktoren als Stimuli für Wachstum & Entwicklung

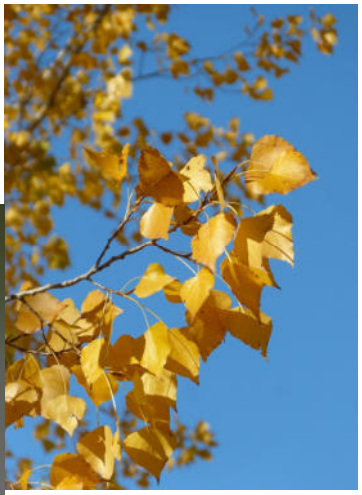
© pixabay

- **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

© Michael Gasperl/wikimedia

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



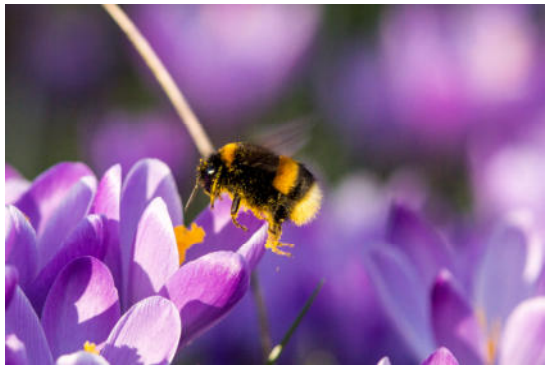


© pixabay

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

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

- Manche Insekte erhöhen Körpertemperatur bzw. Muskulatur z.B. durch Zittern der Flügelmuskulatur (Hummeln)



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

- Manche Pflanzen (z.B. Aronstabgewächs *Symplocarpus foetidus*) können die Temperatur der Blüten durch Stoffwechselaktivität erhöhen

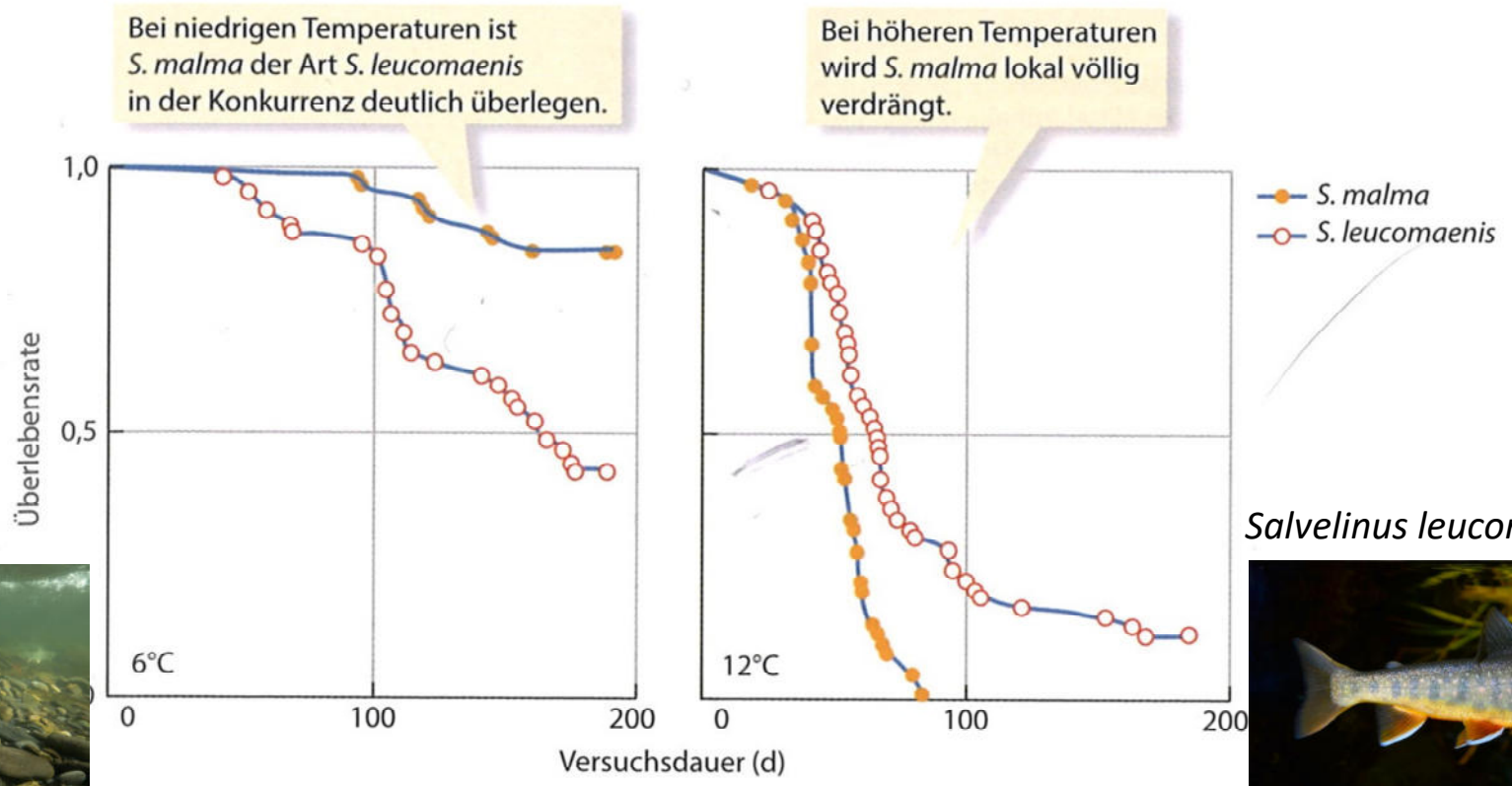
Von Fritzflohrreynolds - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=29766723

- Manche typische Endotherme senken bei der Überwinterung die Körpertemperatur stark ab (weicht oftmals kaum von Umgebungstemperatur ab) – z.B. Bilche, Igel und Fledermäuse

© Henning Kunze https://www.karl-kaus-stiftung.de/projekte/fledermaeuse/fledermaeuse-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

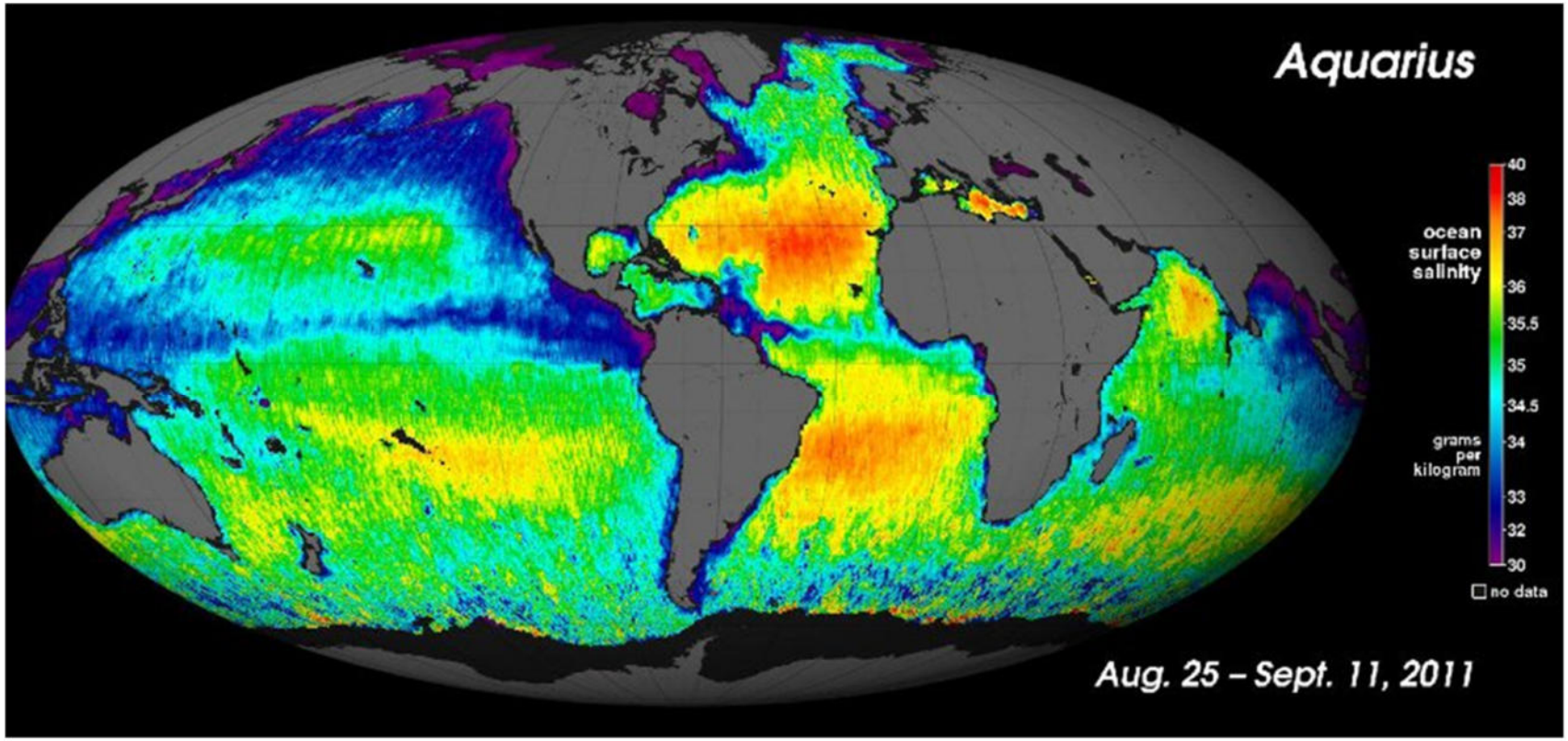
Salvelinus leucomaenis

By Johan Fredriksson, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=22421880

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

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)



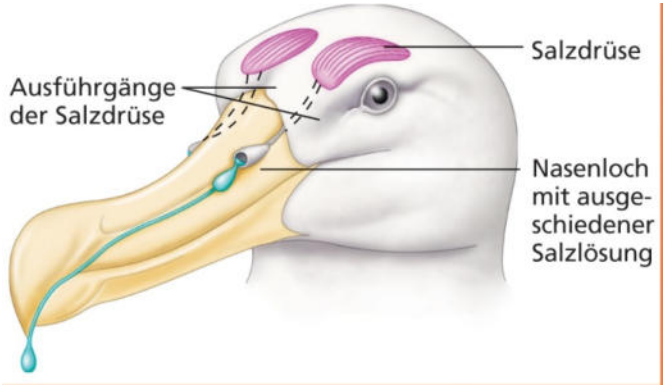
© NASA/GSFC/JPL-Caltech

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

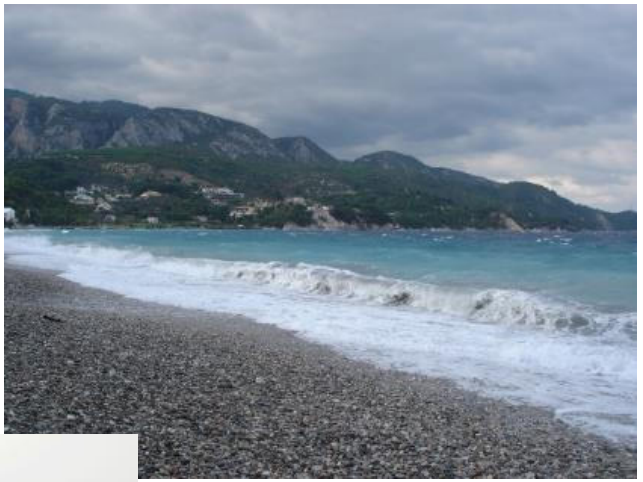
(a) Osmoregulation bei einem Meerwasserfisch.

© Campbell & Reece, Biologie, 2009

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

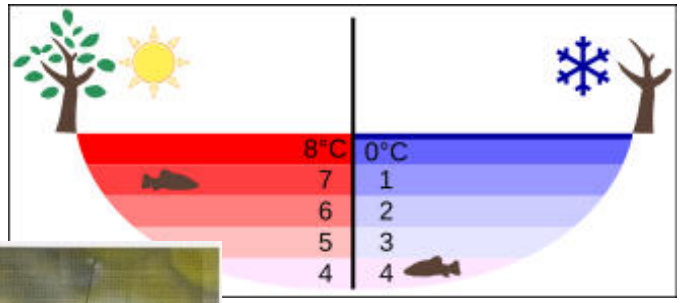
Besondere physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers

- 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 H_2O 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 H_2O → **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

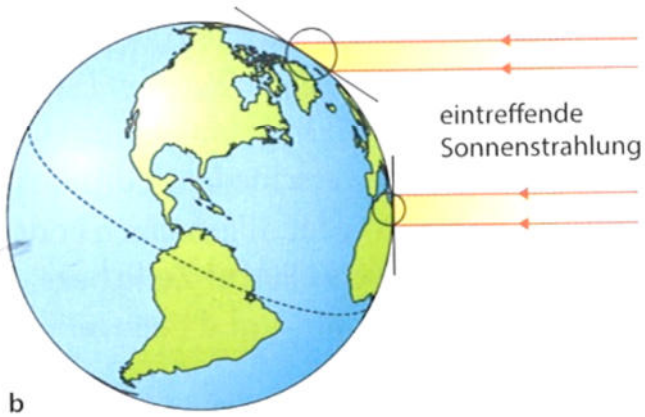
Klima – eine kurze Wiederholung

<u>Klima:</u>

…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 **<u>unterschiedliche Erwärmung</u> durch die <u>jeweilige Sonneneinstrahlung</u>** bestimmt, dies hat wiederum Auswirkungen auf **Luftzirkulation und Meeresströmungen** – hinzu kommen **Wechselwirkungen der Atmosphäre mit Gebirgszügen und Meeren**

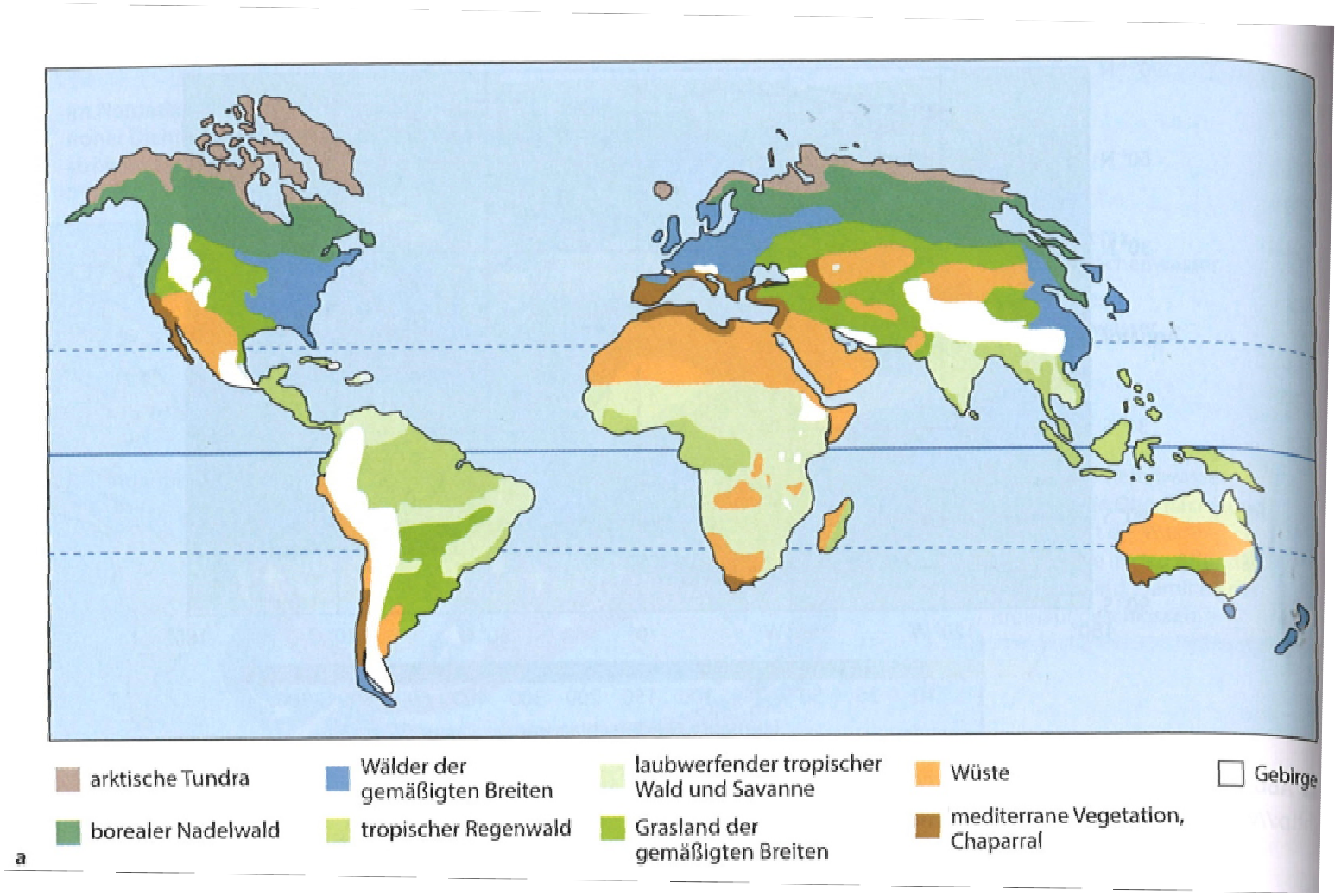
→ Lichtintensität pro Flächeneinheit geringer



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

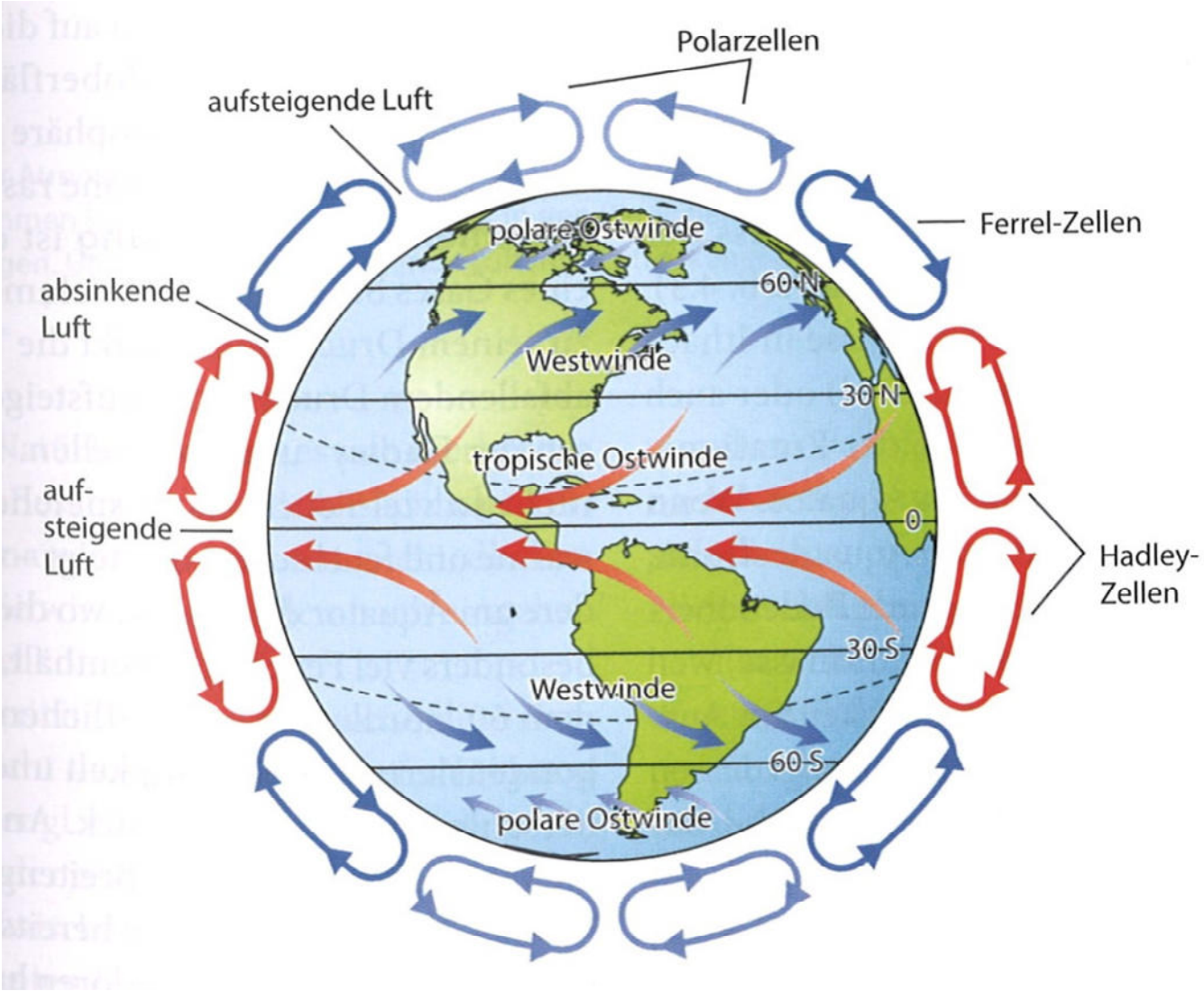
Klima beeinflusst die Ausprägung von **Umweltfaktoren und Ressourcen** und spielt so die vorherrschende Rolle für die **großräumige Verteilung** der unterschiedlichen Lebensgemeinschaften und Ökosysteme

Globale Verteilung der Biome:



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

Umverteilung der Wärme durch Bewegung von Luftmassen in der Atmosphäre



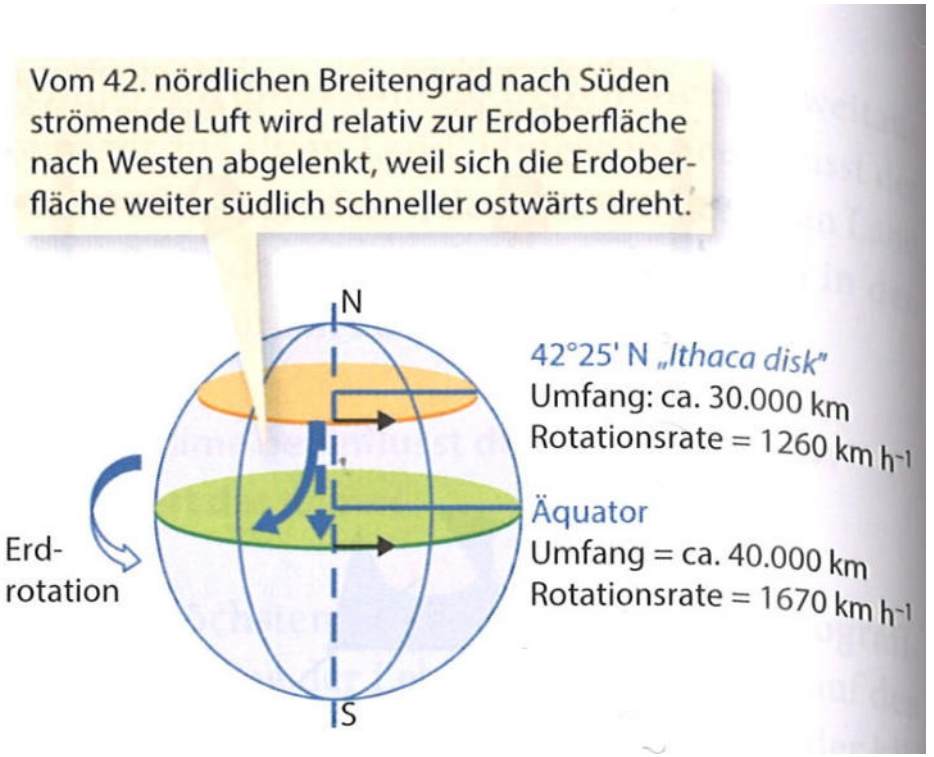
© Begon, Howarth, Townsend (2014). Ökologie. 3. Auflage

Luft-Zirkulation in Zellensystemen:

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)

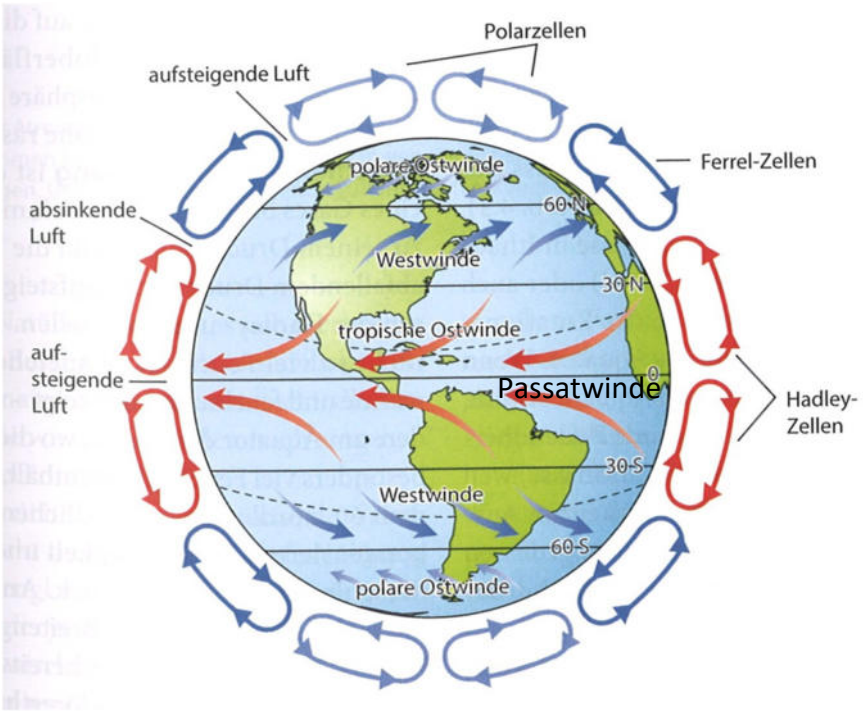
Windsysteme

- **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! → v =s/t)



- **Ablenkung durch die Wirkung der Corioliskraft + Wechselwirkungen mit Hadley-, Ferrel- und Polarzellen** steuern die **durchschnittl. <u>Windrichtung der bodennahen Winde</u>:** 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…

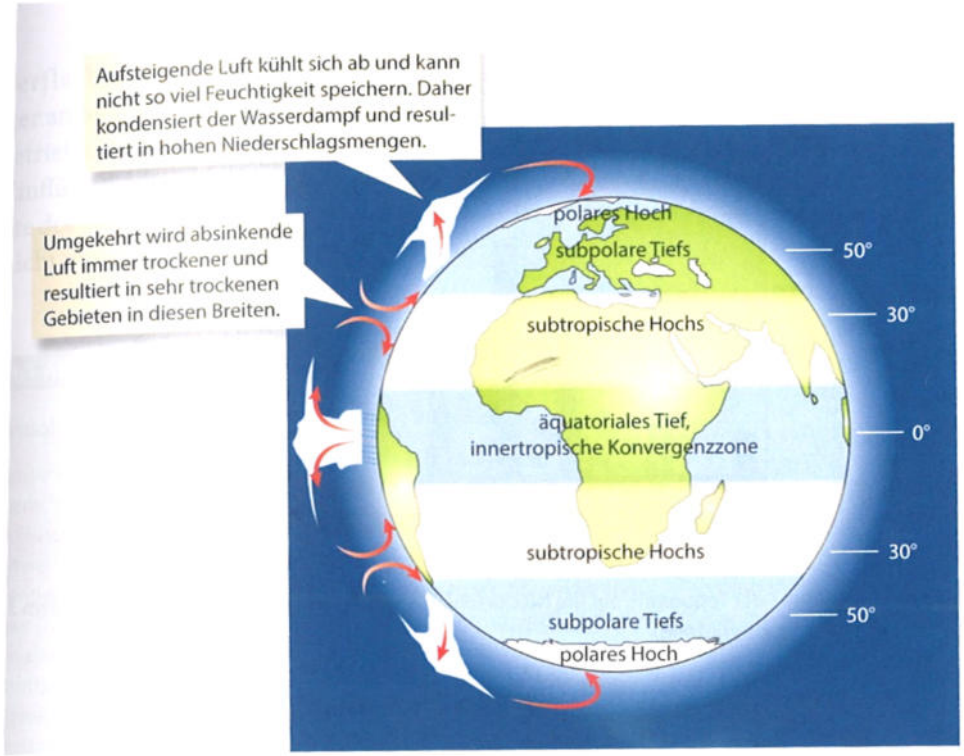
https://www.youtube.com/watch?v=rqS_dhIptw8



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

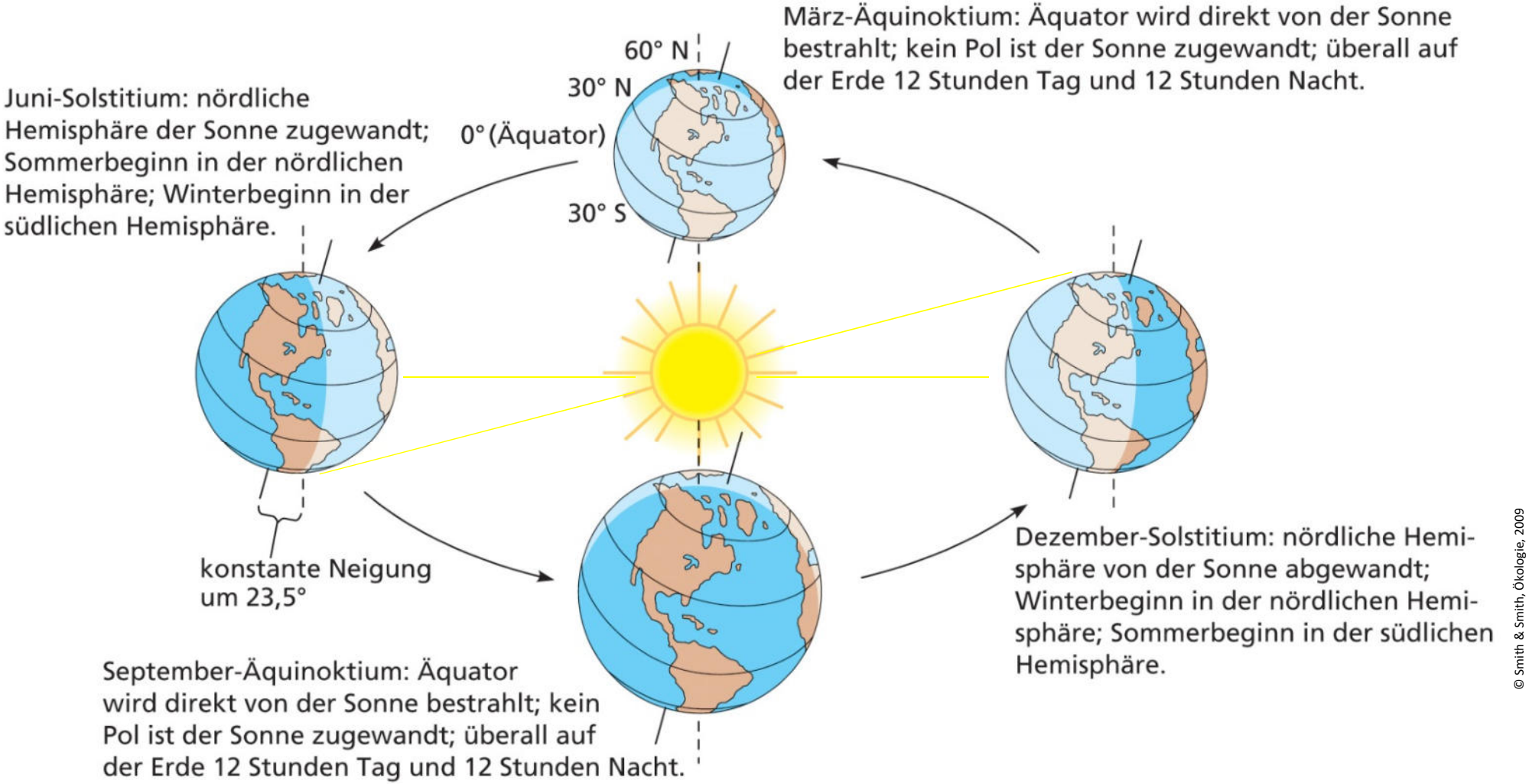
<u>Wasserkreislauf</u> hängt vom Klima ab – Bewegung der Luftmassen und Niederschlagsverteilung

- **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

<u>Jahreszeitliche Schwankungen</u> der **<u>Einstrahlung</u> und damit der <u>Wärmeverteilung, Lage der Hadleyzellen</u>** und damit auch der **<u>Niederschläge</u>** durch **Einfluss der Erdumlaufbahn & Neigung der Erdachse**



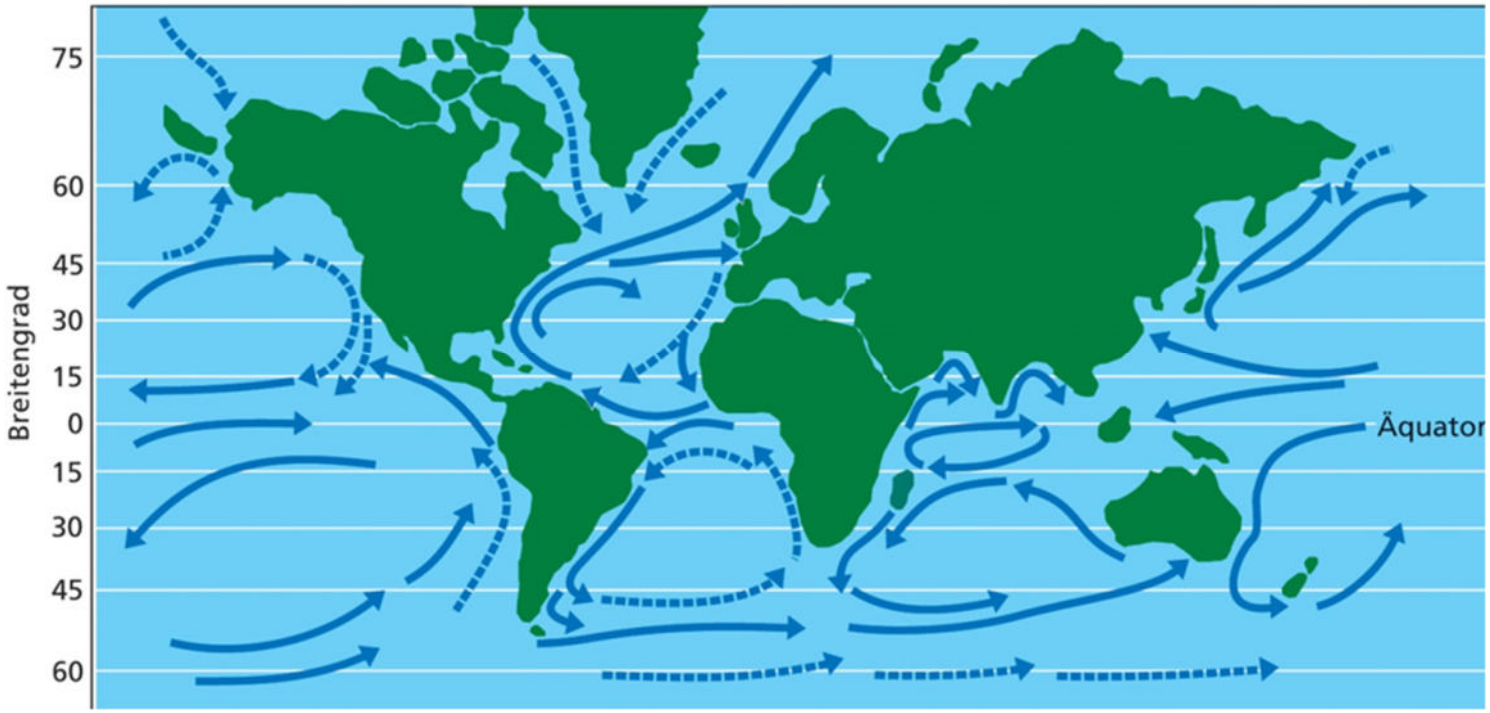
© Smith & Smith, Ökologie, 2009

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:

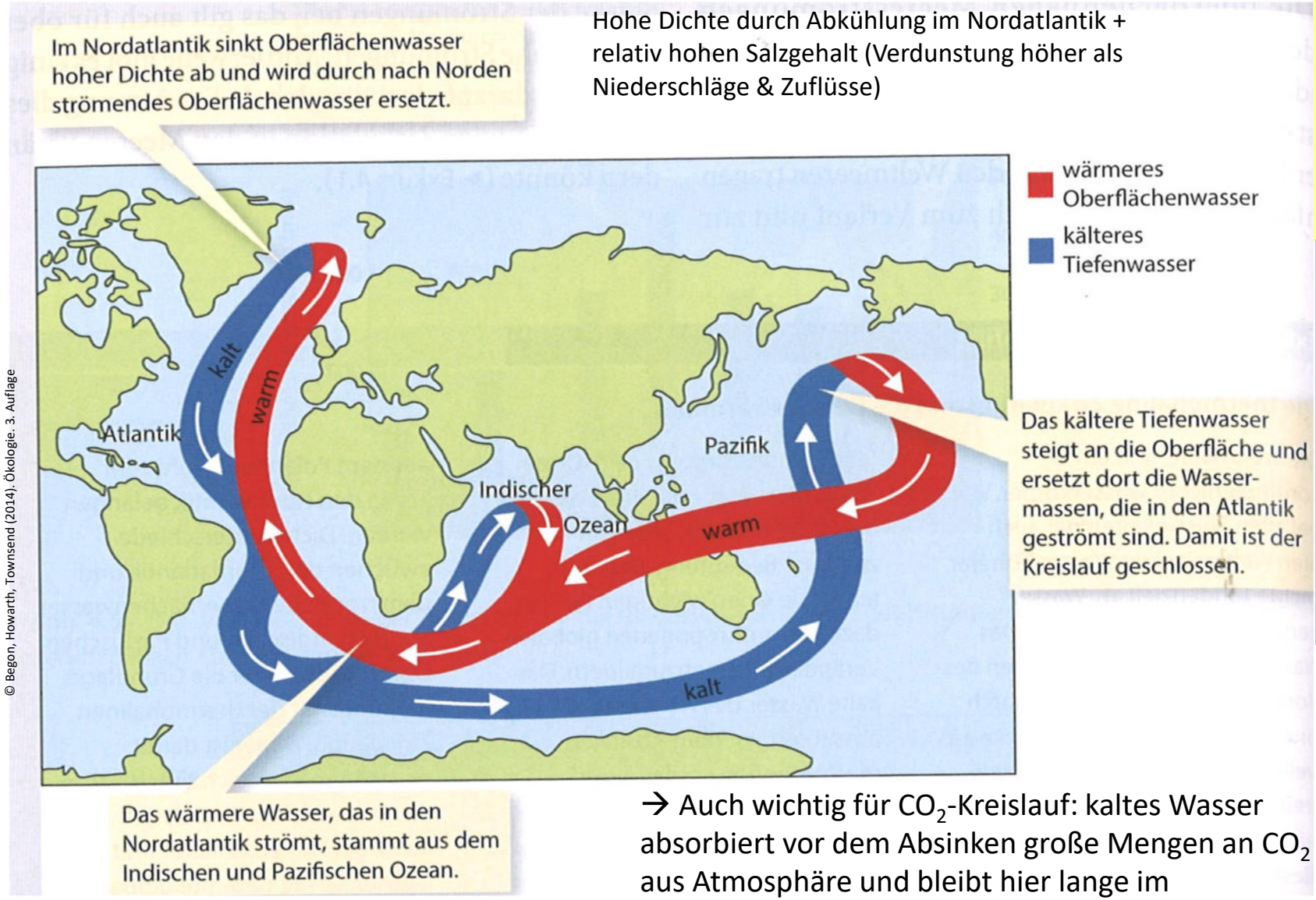


© Smith & Smith, Ökologie, 2009

kalte Strömungen
warme Strömungen

Oberflächennahe Meeresströmungen werden durch die **vorherrschenden Winde** angetrieben
Hinzu kommt der **Einfluss von Dichteunterschieden des Wassers** (dichteabhängige Zirkulation)

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



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

→ Auch wichtig für CO_2-Kreislauf: kaltes Wasser absorbiert vor dem Absinken große Mengen an CO_2 aus Atmosphäre und bleibt hier lange im Tiefenwasser gebunden

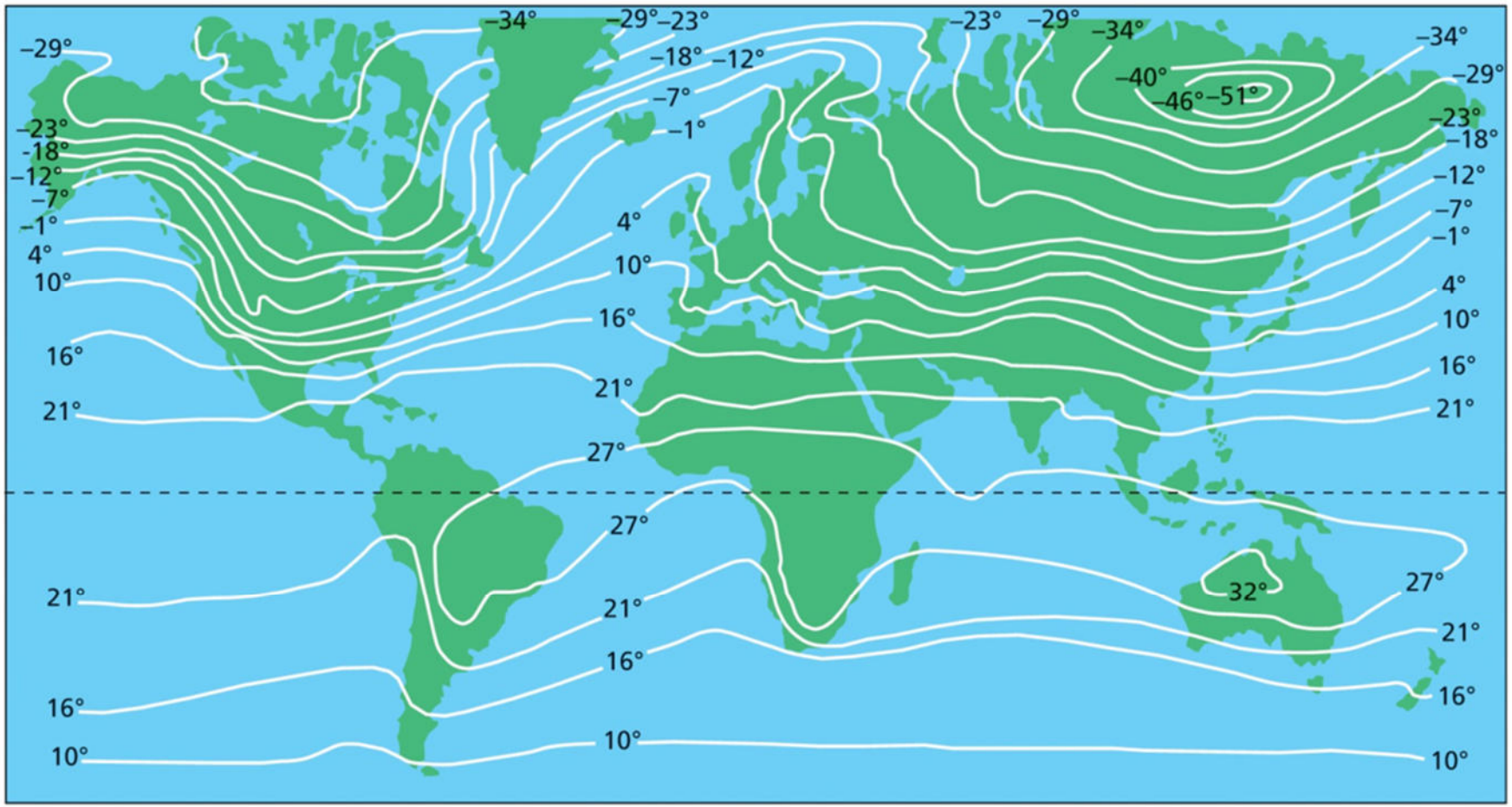
Befürchtungen, dass sich die Zirkulation durch die **globale Erwärmung** verlangsamen könnte – Warum?

→ **Verringerung des Salzgehalts** im Nordatlantik durch Abschmelzen des arktischen Meereises & Gletscher in Grönland + zunehm. Eintrag von Wasser durch Flüsse in Sibirien

Aktuelle Studie zeigt, dass die AMOC-Zirkulation, zu der der Golfstrom gehört, sich in den letzten 60 Jahren (noch) nicht abgeschwächt hat https://www.nature.com/articles/s41467-024-55297-5

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

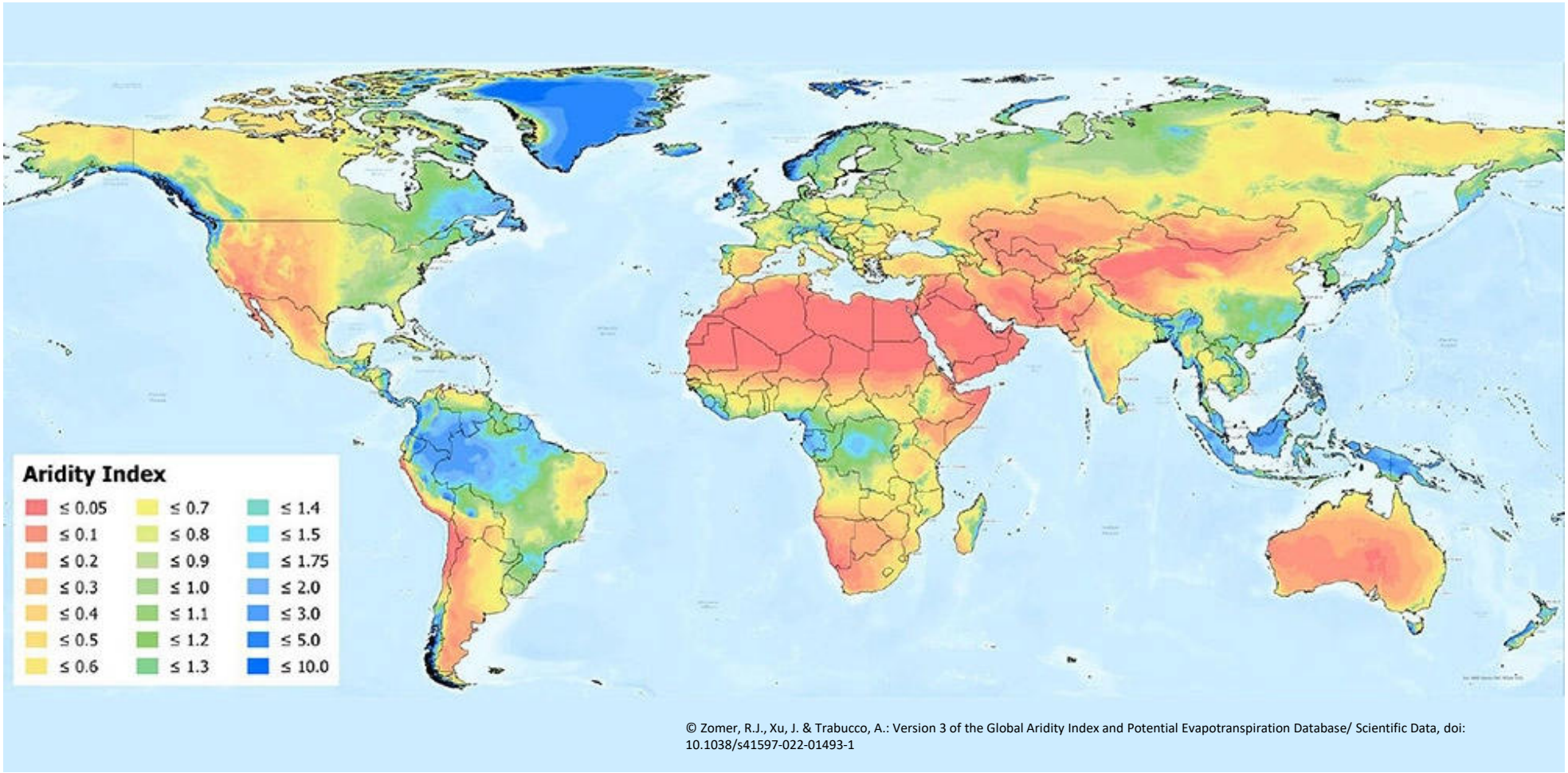
Niederschlag: Regen, Schnee, Hagel, Tau oder Reif an Oberflächen

© Smith & Smith, Ökologie, 2009

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

Aridität: wie trocken ist es an einem Standort tatsächlich?

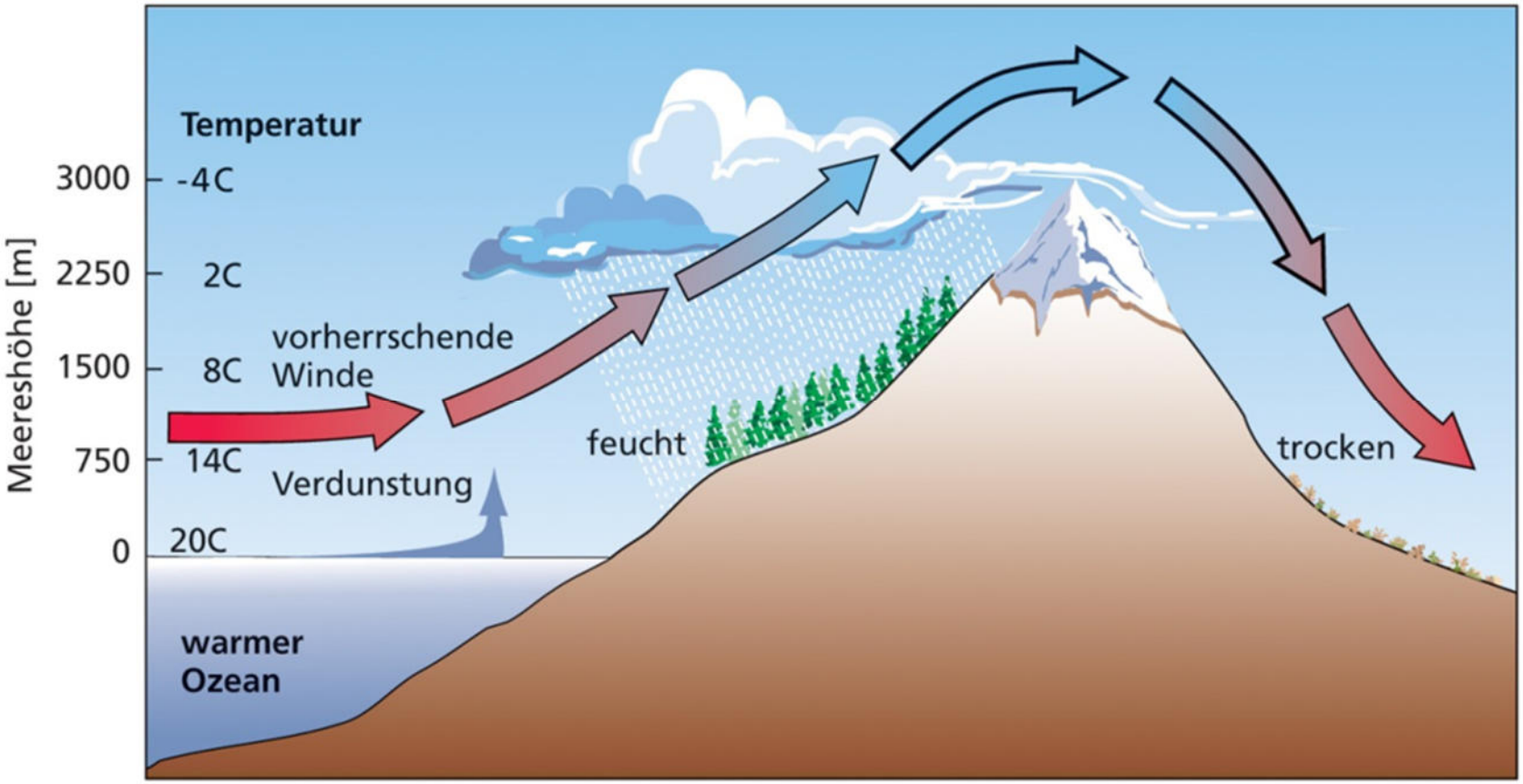


© Zomer, R.J., Xu, J. & Trabucco, A.: Version 3 of the Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database/ Scientific Data, doi: 10.1038/s41597-022-01493-1

… 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

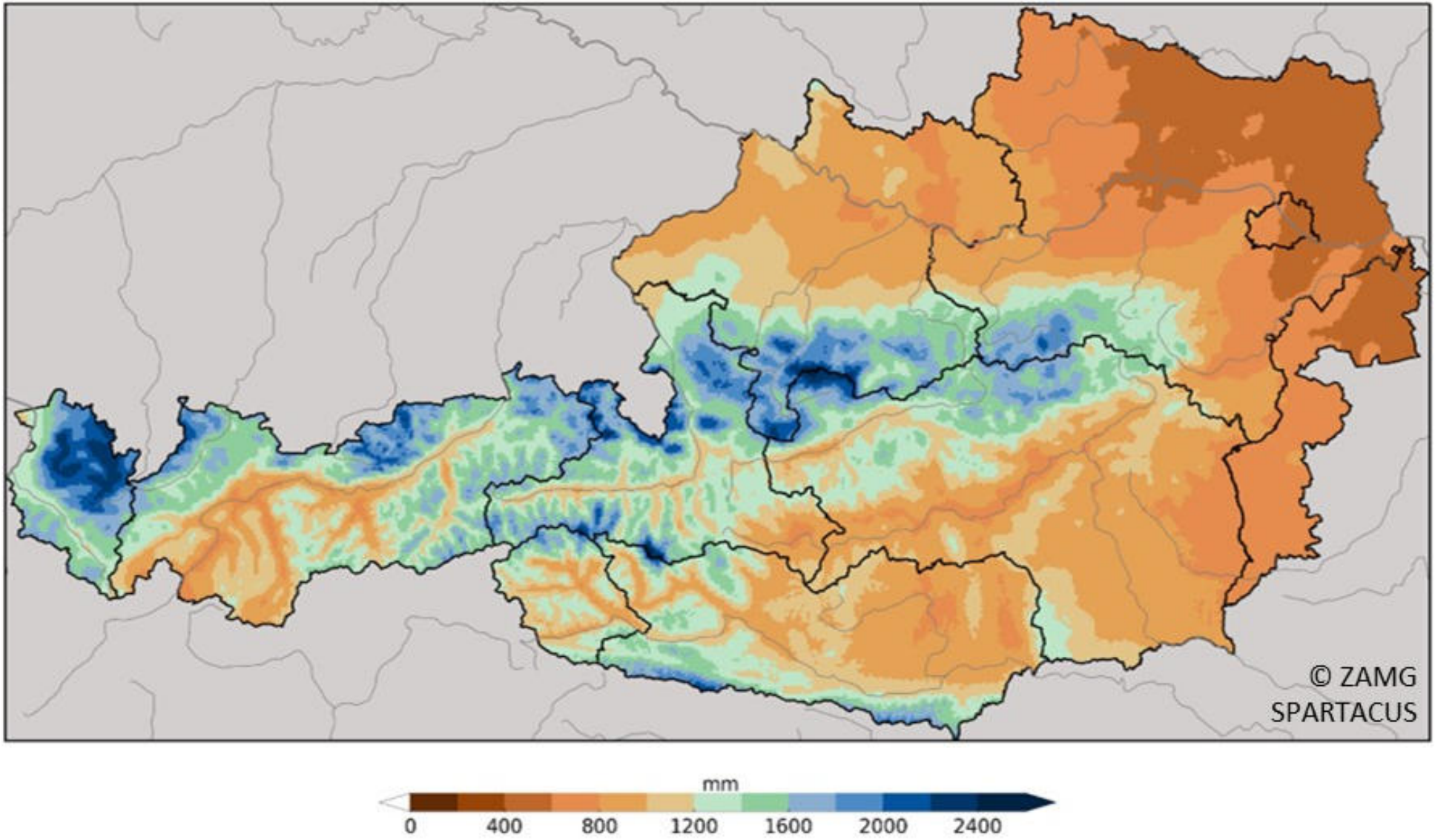
Humid: Niederschlag > Verdunstung
Arid: Verdunstung > Niederschlag

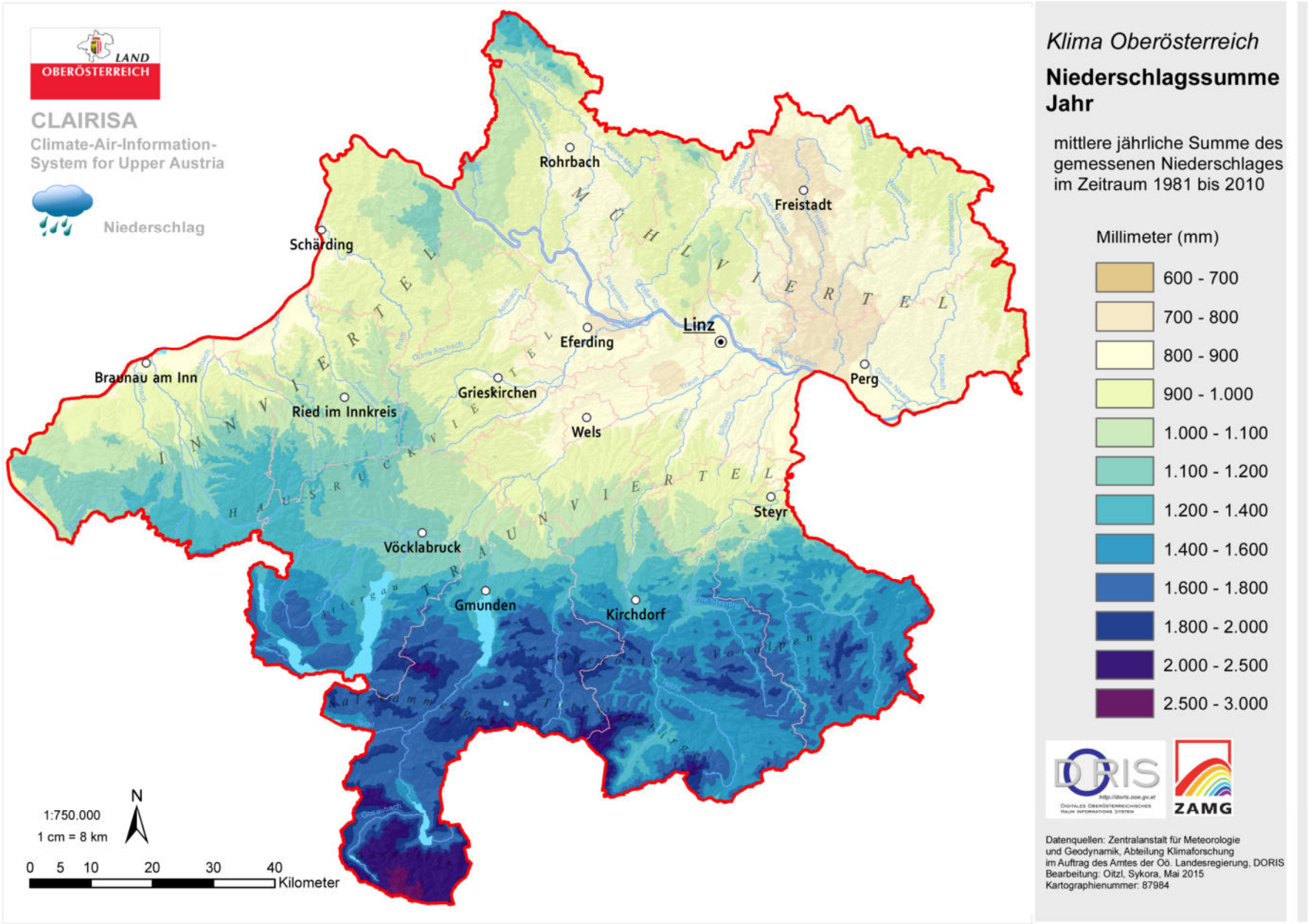
Einfluss von Gebirgszügen auf Niederschläge: aufsteigende Luft kühlt aus und Feuchtigkeit kondensiert aus → Niederschläge → feuchtes Klima auf Luvseite – auf windabgewandten Seite der Gebirge (Leeseite) sinkt die nun trockene Luft wieder ab → in diesem Regenschatten können sich Trockenstandorte (z.B.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



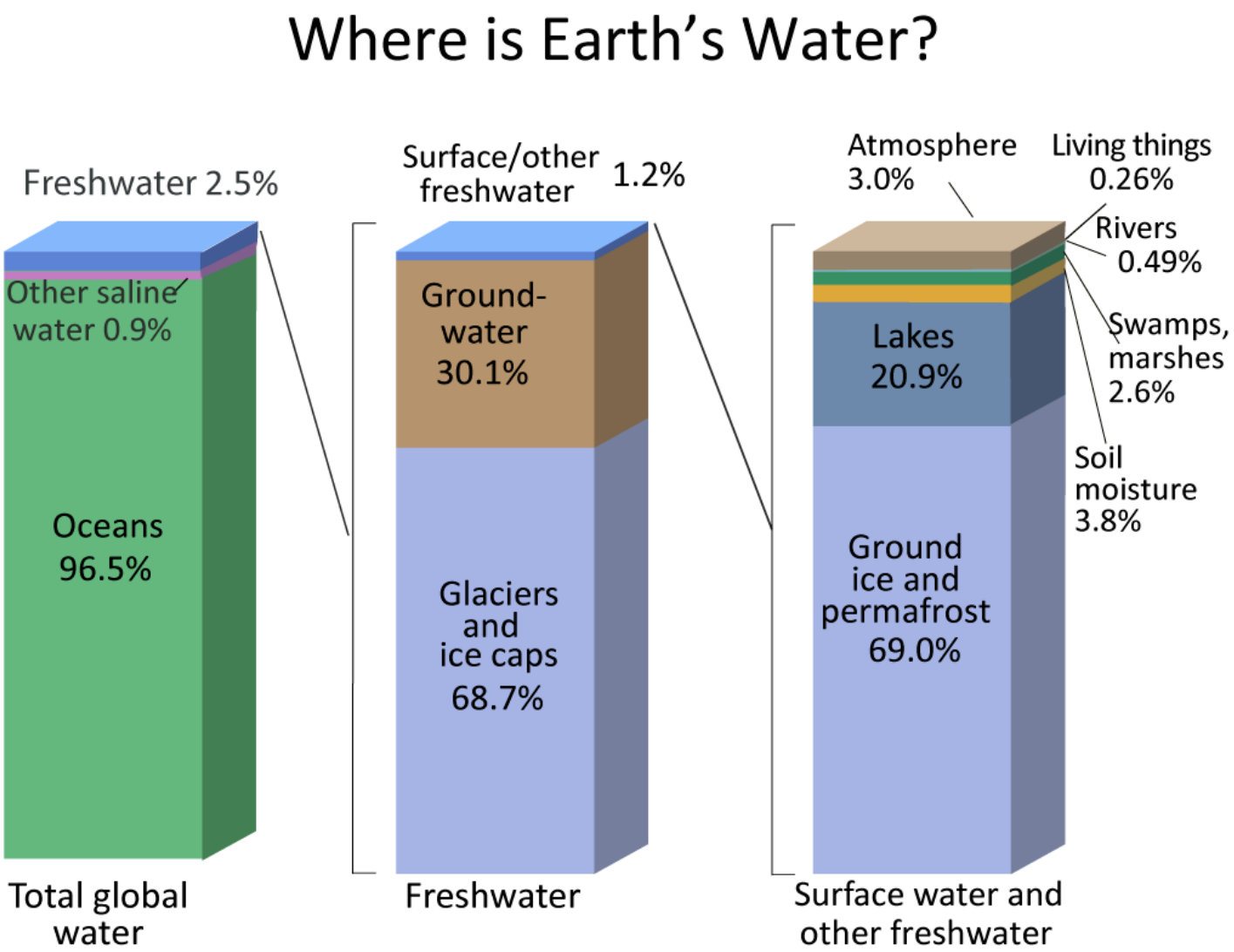
© Smith & Smith, Ökologie, 2009

Mittlerer jährlicher Niederschlag der Jahre 1981 bis 2010:



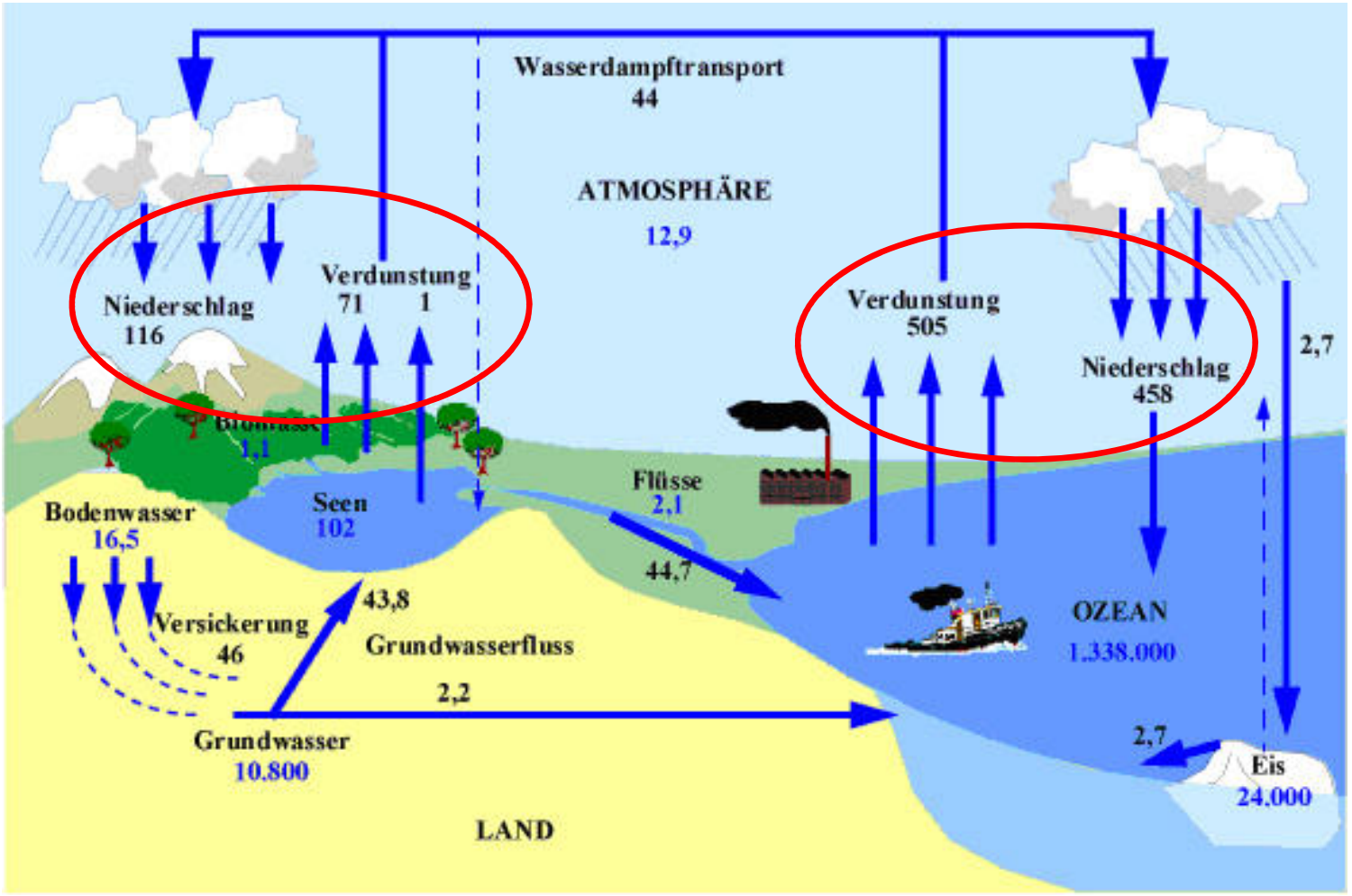

LAND OBERÖSTERREICH
CLAIRISA
Climate-Air-Information-System for Upper Austria
Niederschlag
Rohrbach
Freistadt
Schärding
Linz
Eferding
Perg
Braunau am Inn
Grieskirchen
Ried im Innkreis
Wels
Steyr
Vöcklabruck
Gmunden
Kirchdorf
1:750.000
1 cm = 8 km
0 5 10 20 30 40 Kilometer
N
Klima Oberösterreich
Niederschlagssumme Jahr
mittlere jährliche Summe des gemessenen Niederschlages im Zeitraum 1981 bis 2010
Millimeter (mm)
600 - 700
700 - 800
800 - 900
900 - 1.000
1.000 - 1.100
1.100 - 1.200
1.200 - 1.400
1.400 - 1.600
1.600 - 1.800
1.800 - 2.000
2.000 - 2.500
2.500 - 3.000
DORIS
ZAMG
Datenquellen: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Abteilung Klimaforschung
im Auftrag des Amtes der Oö. Landesregierung, DORIS
Bearbeitung: Oitzl, Sykora, Mai 2015
Kartographienummer: 87984

Globaler Wasserhaushalt allgemein



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



Reservoire (blaue Ziffern) in 1.000 km^3, Flüsse/Wassertransport in 1.000 km^3/Jahr (schwarze Ziffern)

© https://wiki.bildungsserver.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

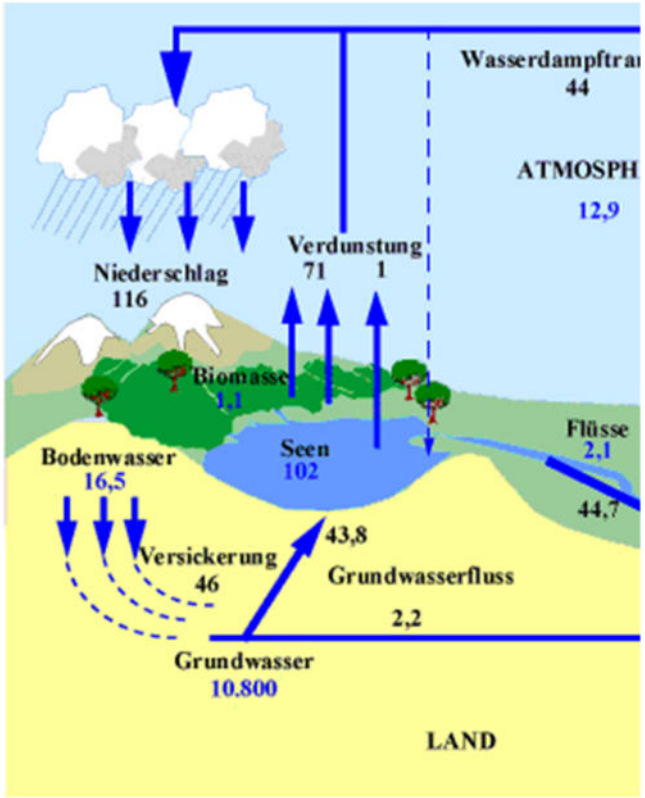
- Aufrechterhalten wird der Wasserkreislauf letztlich durch die **Sonneneinstrahlung** & die **Schwerkraft** der Erde. Die Prozesse, die dadurch direkt angetrieben werden, sind **Niederschlag, Verdunstung und Abfluss.**
- Größter Wasserlieferant sind die **Ozeane –** hier erfolgt auch der größte Austausch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

- **Terrestrischer Wasserkreislauf**

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

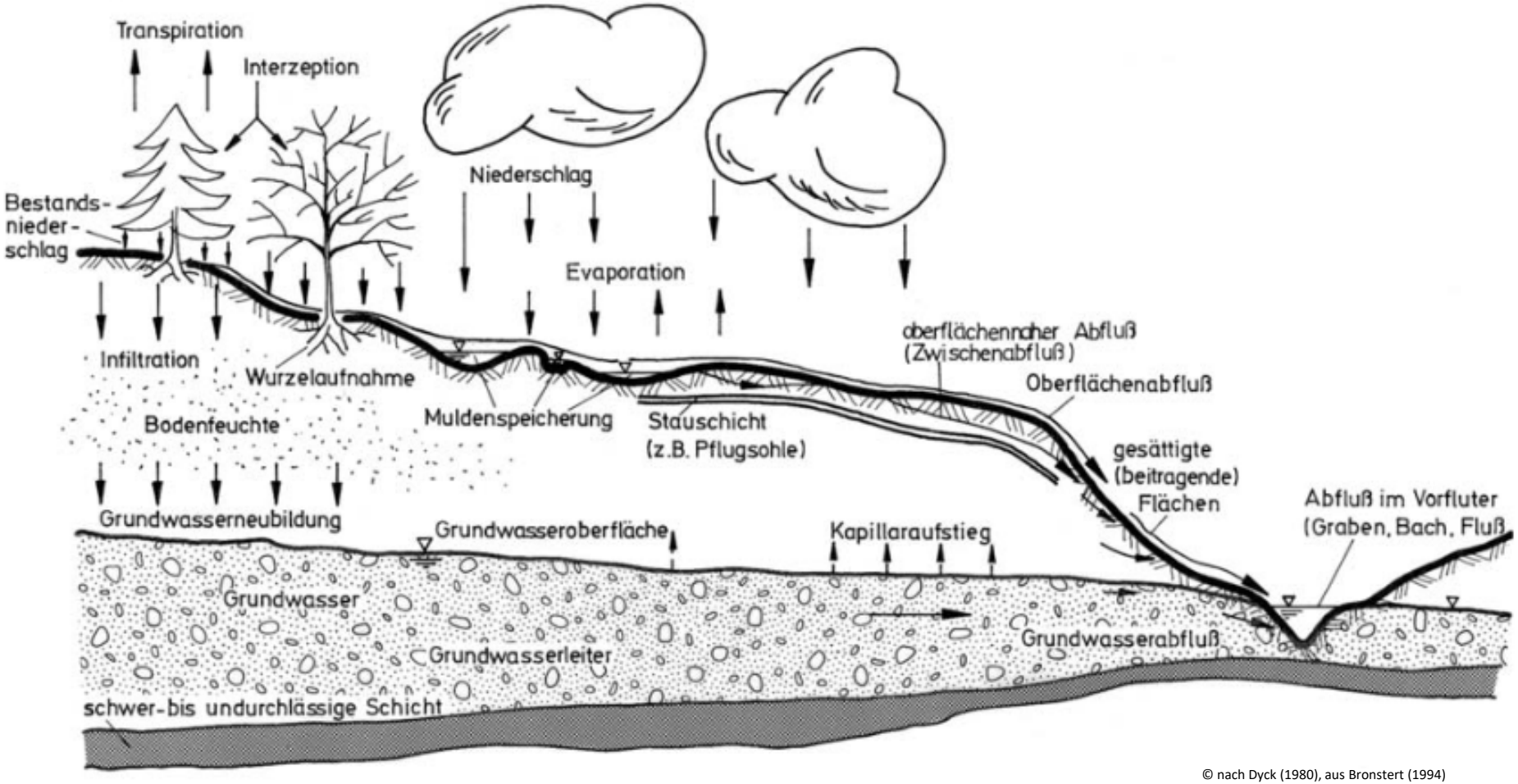
$$N + Q_{in} = ET + Q_{out} + \Delta S$$

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



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

Kleinräumige Prozesse im Wasserkreislauf am Bsp. hydrologischer Prozesse an einem Hang



© nach Dyck (1980), aus Bronstert (1994)

Abbildung I.1.1: Vereinfachte Darstellung der Abflussbildung im Hangmaßstab