

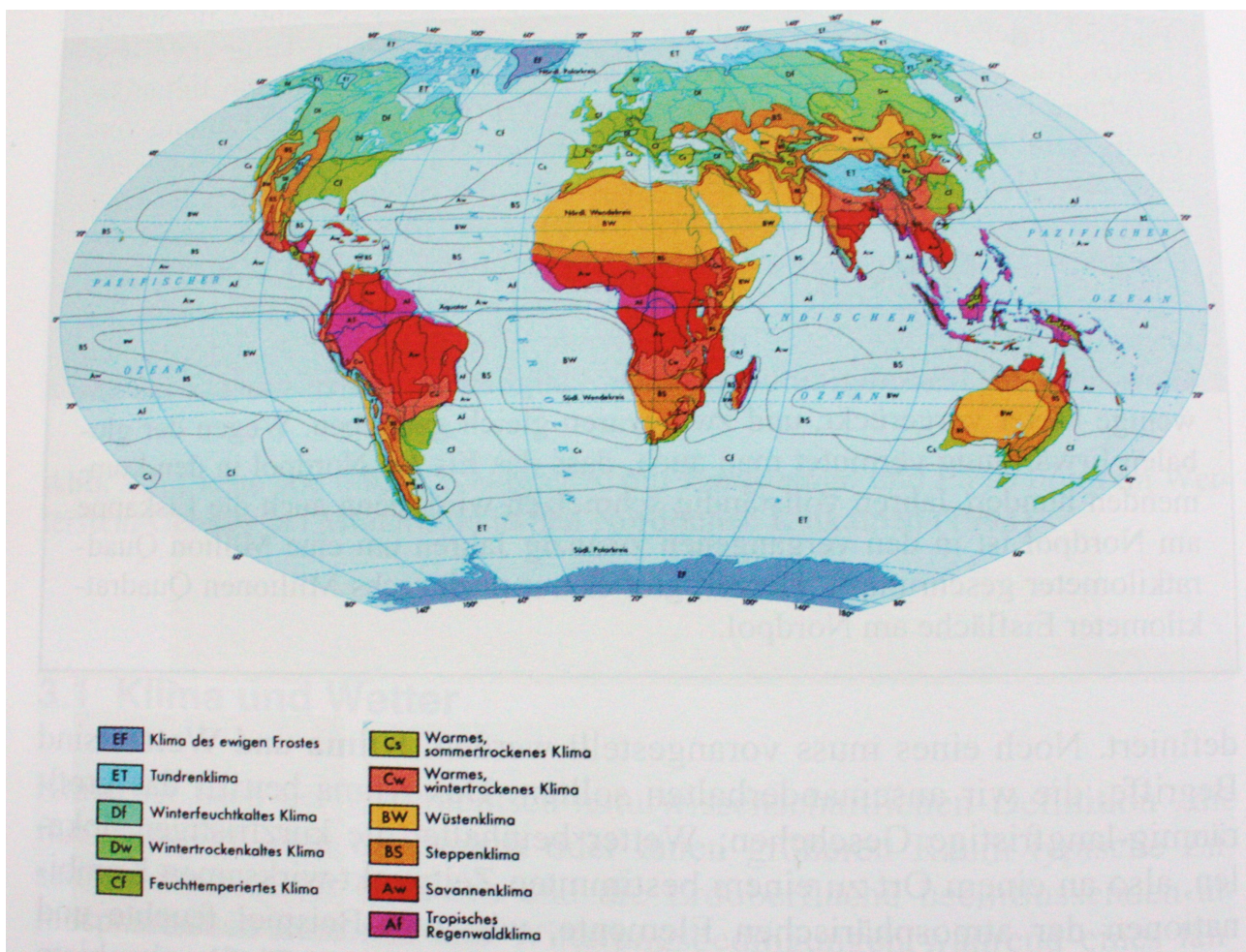
1. Welche Klimazonen existieren Weltweit?

Zunächst muss man die Definitionen von „Klima“ und „Wetter“ genauer betrachten. So ist das Klima auf ein großräumiges-langfristiges Geschehen bezogen (Zeitraum von mindestens 30 Jahren!), das Wetter hingegen auf lokale-kurzfristige Messungen bezogen, die von Ereignissen wie Tief- oder Hochdruckgebiete beeinflusst werden. So sind die Wetterabläufe langfristig die klimabestimmenden Faktoren. Die wichtigsten Klimafaktoren sind:

- Strahlung
- Luftdruck
- Luftfeuchte
- Temperatur
- Wind
- Verdunstung
- Niederschlag
- Bewölkung

Das Klima wird dann so ausgewertet, dass der Mittelwert von diesen Faktoren über 30 Jahre genommen wird. So werden weltweit verschiedene Makroklimare definiert, die als Klimate oder Klimazonen bezeichnet werden:

- Polare und arktische Klimate des ewigen Frostes und der Tundren (EF, ET)
- Boreal-Montane, winterfeuchte und winter Trockene Klimate (Df, Dw)
- Gemäßigte, feuchttemperierte Klimate (Cf)
- Meditteranoide, warme, sommertrockene Steppenkimate (Cs, Cw)
- Subtropische, warme winter Trockene Klimate, Wüstenklimate (BW, BS)
- Tropische Savannen- und Regenwaldklimate (Aw, Af)



Klimazonen sind Großräume, die hauptsächlich durch Sonneneinstrahlung und Zirkulationen in der Atmosphäre beeinflusst werden. Da sich die Vegetation an diese Klimabedingungen anpassen, korrelieren Klimazonen und Vegetationszonen weitgehend. Dies ist die Grundsäule der Geobotanik!

2. Die Leuchtkraft der Sonne schwankt in Abhängigkeit von Sonnenfleckenzyklen. Woher kommt diese Erkenntnis?

Die Sonne besteht auf der Oberfläche aus geladenen Teilchen, die ein starkes Magnetfeld produzieren. Durch Feldverlagerungen entstehen elektrische Ströme, die Eruptionen hervorrufen, welche die Sonnenflecken produzieren. Diese Sonnenflecken verändern die Strahlungsmenge und beeinflussen somit die Erwärmung der Erde. Diese Schwankungen der heißen Interferenzen.

Im Jahr 1843 erkannte Johannes Schwabe, dass sich die Häufigkeit der Sonnenflecken periodisch ändert und im Laufe von ca. 11 Jahren die Sonnenflecken von einem Minimum über ein Maximum, wieder zurück auf die Ausgangswerte zurück ging. Die Erklärung ist, dass sich die Sonne umpolt, sprich der Nordpol zum Südpol, reziprok dazu der Südpol zum Nordpol wandert. Dies wird der Schwabe-Zyklus genannt.

In der Mitte des 17. Jahrhunderts wurden nahezu keine Sonnenflecken beobachtet, dies wird als „Maunder-Minimum“ bezeichnet. Edwin Maunder entdeckte, dass zwischen 1645 und 1720 nahezu keine Sonnenflecken vorhanden waren, dies korreliert auffallend mit der „Kleinen Eiszeit“, die exakt zu dieser Zeit eine besonders kalte Phase hatte.

3. Das Mauna-Loa-Observatorium auf Hawaii ist für globale Kohlendioxid-Messungen besonders geeignet. Warum?

Das Observatorium auf Mauna-Loa liegt in 3600 Meter Höhe mitten im Pazifik, in etwa der Mitte zwischen der Westküste Amerikas und Japan, also weit entfernt von jeglichen Schmutz- und Treibhausgasproduzenten. Es ist also der ideale Ort, für das Messen der Zusammensetzung der Atmosphäre, weil hier wohl die sauberste (von der Zivilisation weitgehend unbeeinflusste) Luft ist.

4. Wie datiert man Holz, Holzkohle, Torf und anderes organisches Material und ältere Gesteine?

Meeressedimente:

„Kalium-Aragon-Uhr“ - Man muss bei dieser Methode von den Sedimenten das ^{40}K und ^{40}Ar Verhältnis bestimmen. Mit einer Halbwertszeit von 1,27 Milliarden Jahre zerfällt ^{40}K in ^{40}Ca und ^{40}Ar . Dies geschieht in einem konstanten Verhältnis (90% zu 10%). Man kann somit bis zu 100 000 Jahre alte Fossilien gut bestimmen.

Torfschichten/Seessedimente:

Pollenanalyse – In den Torf- und Seessedimenten werden alle Pollen eingeschlossen, so dass man gut rekonstruieren kann, welche Pflanzen zu der Zeit der Sedimentbildung gewachsen sind. (siehe unten Frage 9)

Holzdatierung:

Mithilfe der Dendrochronologie (siehe Frage 5)

Holzkohle:

In der Quartärforschung wird die ^{14}C -Datierung (Radiocarbonanalyse) sehr häufig verwendet. Im Allgemeinen kann man mit dieser Analyseverfahren viele aus organischen Stoffe resultierenden Produkte datieren.

5. Beschreiben sie Messmethoden der Dendrochronologie und der Tephrochronologie.

Dendrochronologie:

- Zuwachsringe von Gehölzen, bis zu 8000 Jahre genaue Bestimmung
- Bändertöne im Gletschereis und in Seesedimenten
- Vulkanasche von Vulkanausbrüchen kann als Marker verwendet werden.

Tephrochronologie:

Hier werden isochrone geologische Leithorizonte erforscht. Es werden also in alten Sedimentschichten verschiedene Marker erkannt (Vulkanasche z.B.) und mit Markerschichten in anderen Ablagerungen verglichen.

Dies wurde erstmals vom finnischen Moorforscher Väinö Auer im Jahre 1928 gemacht.

6. Seafloor-Spreading und Plattentektonik können im Laufe von Jahrmillionen Kontinente von einer Klimazone in eine andere verschieben – welche Hinweise gibt es für diese Hypothese?

(Seafloor-Spreading = Ozeanbodenspreizung)

Beispiele:

- Der Himalaya entstand vor ca. 30 Millionen Jahren. Feuchtwarme Luft aus Indien konnte nun nicht mehr nach China gelangen
- Als die Landbrücke von Panama vor ca. vier Millionen Jahren entstand wurde die Wasserverschiebung zwischen Pazifik und Atlantik unterbunden. Dies hatte Einfluss auf

- Hier sollte man mehr schreiben können, ich bin hier ein wenig inspirationslos...

7. Gashydrate bilden am Boden der Tiefsee wichtige Energie- und Nahrungsquellen mariner Ökosysteme. Welche Folgen kann dieses für unser Klima haben?

Aufgrund der hexagonalen Anordnung der Wasserteilchen im Eiskristall entstehen viele Hohlräume, in denen sich Methan ablagern kann. Dieser Zustand wird Gashydrat genannt. Diese Gashydrate sind Grundlage spezieller mariner Ökosysteme in der Tiefsee. Durch Massenausströmungen von Methan (Treibhausgas) an den Kontinentalplattenrändern kann es zu abnormalen Erwärmungen des Klimas kommen. Diese Erwärmung kann auch in relativ kurzer Zeit geschehen, so dass Klimaschwankungen also auch innerhalb weniger Jahrzehnte geschehen kann.

8. Was verbinden Sie mit den Begriffen *Dansgaard-Oeschger-Events*, *Preboreal Oscillation* und *8200-Cooling-Event*?

Dansgaard-Oeschger-Event:

Dies sind bipolare Ereignisse, das heißt eine starke Abkühlung der nördlichen Hemisphäre bewirkt leicht zeitversetzt eine Erwärmung der Südhalbkugel. Dies ist wohl ein ausbalanciertes Gleichgewicht, welches von den globalen Meeresströmungen beeinflusst ist. Hauptsächlich ist hier die *Meridional Overturning Circulation* (MOC) verantwortlich. Der warme Golfstrom transportiert dichtes, salziges Wasser nordwärts bis nach Grönland, wo es erkaltet in die Tiefe absinkt und südwärts geleitet wird. Unterbrechungen dieser Zirkulation führen zu einer Abkühlung des Nordens und eine Erwärmung des Südens (DO-Event). Kommt vom Norden zuviel Schmelzwasser (Salzverdünnung => Kein Absinken des Wassers mehr!) wird diese Zirkulation unterbrochen. Dies ist für das Verständnis des Klimawandels, gerade in Europa, elementar!

Preboreal Oscillation und 8200-Cooling-Event:

Kurzzeitige Klimaänderung, welche durch Seesedimente nachgewiesen werden konnte (siehe Frage 9).

All diese Erkenntnisse konnten nur entstehen, weil viele Teilbereiche verschiedener Naturwissenschaften zusammengearbeitet haben! So waren im Speziellen hier Polarforscher, Atmosphärenchemiker, Ozeanographen, Meeresgeologen, Geowissenschaftler und Paläoökologen involviert, um dieses komplexe Modell zu erstellen.

9. Wie sind laminierte Sedimente zu identifizieren?

Die Hell-, Dunkelschichtungen muss nicht unbedingt mit den Sommer-, Winterperioden übereinstimmen. Man kann also nicht sagen, dass die helle Schicht die Sommerschicht ist. Dies kann man sicherer bestimmen, wenn man sich die biologischen Bestandteile ansieht:

- Die Winterlage hat sehr oft kugelige Rückstände von Goldalgen (Chrysophyceen)
- Die Frühjahrslage ist reich an Sporen und Pollen
- Zahlreiche Schalen von Kieselalgen weisen auf den Frühsommer hin
- In der Herbstlage befinden sich vor allem Pflanzenreste (Herbstlaub)

Alternativ dazu kann man sich auch die chemischen Bestandteile anschauen:

- Im Frühsommer wird während der Hauptalgenblüte viel Kalk ausgefällt
- Im Sommer wird Eisenspat ausgefällt
- Im Winter kristallisiert hauptsächlich Blaeisenerz

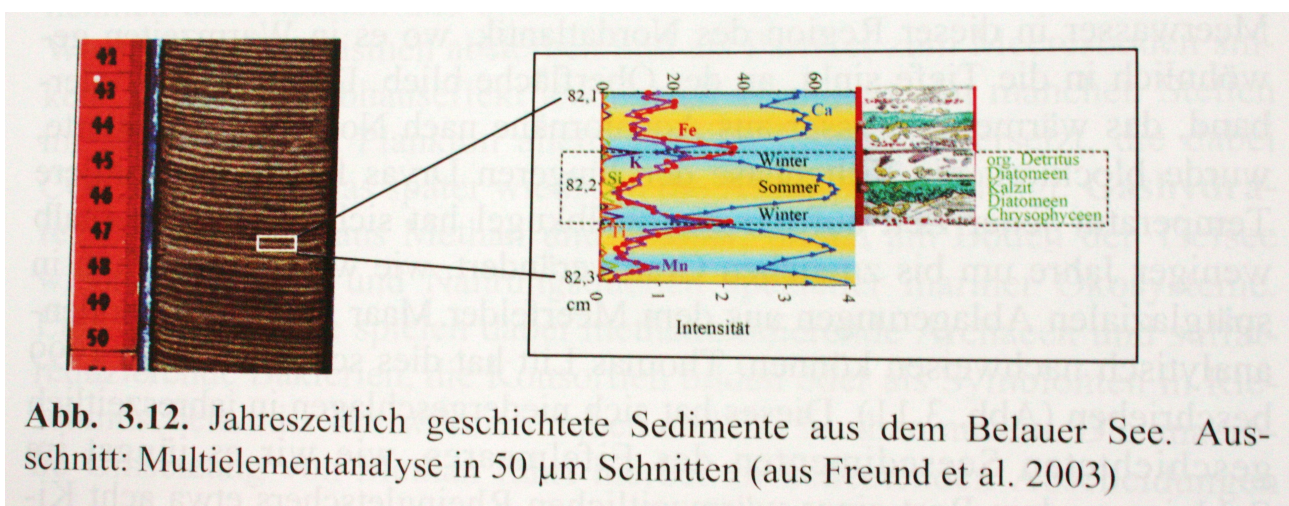


Abb. 3.12. Jahreszeitlich geschichtete Sedimente aus dem Belauer See. Ausschnitt: Multi-elementanalyse in 50 µm Schnitten (aus Freund et al. 2003)

Seen und Torfe zeigen oft nur relativ kleine Zeiträume an, jedoch können durch Marker (s.o.) diese vielen einzelnen kleinen Zeiträume zu großen Zeitraumkarten zusammengefügt werden.

10. El Nino-Southern Oscillation-Ereignisse (ENSO) und Nordatlantische Oszillation (NAO) sind natürliche Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre und Ozeanwasser. Wie erklärt man diese Phänomene?

El Nino:

Dies ist eine Klimaanomalie, die hauptsächlich im Pazifik nachzuweisen ist, aber das Wetter weltweit beeinflusst. Zwischen Indonesien und Südamerika kommt es in Abständen von zwei bis sieben Jahren zu einer Umkehr der normalen Wettersituation. Normalerweise bläst der Südostpassat, der durch die Corioliskraft abgelenkt wird im Äquatorbereich von Ost nach West. Warmes Oberflächenwasser wird nach Westen verschoben und kaltes, Nährstoffreiches Tiefenwasser fließt nach Osten (dadurch Fischreichtum vor der Küste). In der Atmosphäre gibt es ein ähnliches Zirkulationssystem: Zwischen einem Tiefdrucksystem über Indonesien und ein Hochdrucksystem über der Südamerikanischen Küste entsteht ein großer Luftdruckunterschied, der die Passatwinde verursacht.

Im Rahmen von natürlichen Luftdruckveränderungen kommt es in einem El Nino Jahr zum Zusammenbruch des Hochdruckgebiets über Südamerika, so dass die Passatwinde nachlassen und sich die Fließrichtung des warmen Oberflächenwassers umkehrt. Nach einigen Monaten erreicht das warme Wasser aus Indonesien die Küste Perus, diese Flussumkehr heißt „Kelvin-Welle“.

→ Dadurch werden die Gewässer um Indonesien und vor Australien abgekühlt und die Gewässer vor Peru und Chile erwärmt

→ Die gesamte amerikanische Küste wird mit warmen Wasser versorgt (siehe Bild 3.15), so dass sich Niederschläge und Wirbelstürme erhöhen

→ Im westpazifischen Raum fehlen diese Niederschläge und es kommt zu Dürren

Dieses Phänomen ist sehr gut beschrieben und lange bekannt, dennoch sind die genauen Auslöser noch unbekannt. Man vermutet, dass starke Vulkanaktivität dieses Phänomen fördert.

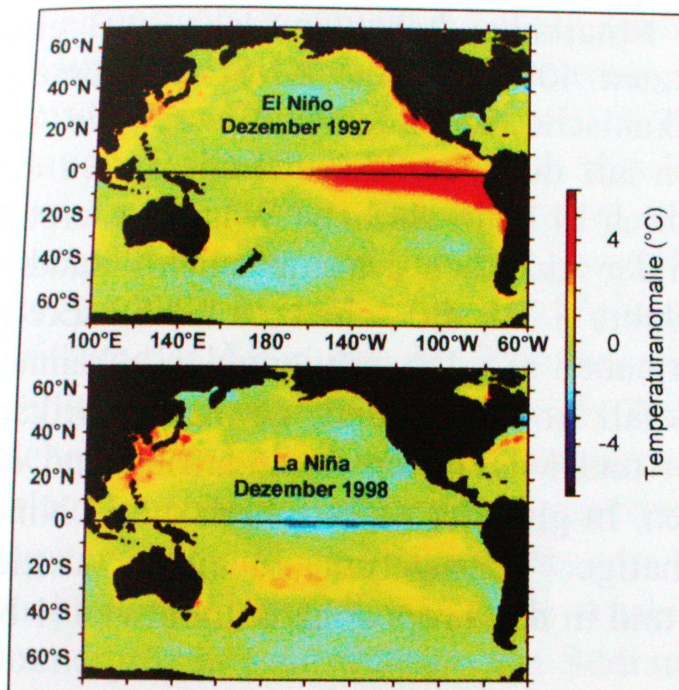


Abb. 3.15: Die pazifischen Temperaturanomalien El Niño (warm) und La Niña (kalt) erstrecken sich entlang des Äquators (aus Berner u. Streif 2001)

Im Atlantik gibt es eine interessante Parallele zum El Nino-Phänomen: die Nordatlantische Oszillation (NAO). Dies ist ein stark ausgeprägter Golfstrom, der für einen starken Luftdruckgegensatz

zwischen Azorenhoch und Islandtief sorgt, welches sibirische Kaltluft von Europa fernhält.

Anmerkung: Bei dieser Frage habe ich mich recht nahe an der Formulierung des Buches gehalten.

11. Was verbirgt sich unter dem Begriff „Milankovitch-Zyklen“?

Im Jahre 1941 beschrieb Milutin Milankovitch zum ersten mal, dass es Veränderungen in der Sonneneinstrahlung gibt, die in einer Periode von 11 000 Jahren wiederkehren. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Erde sich nicht gleichmäßig in einer Kreisbahn um die Sonne bewegt. Genauer „taumelt“ die Erde um die Sonne, so ist z.B. die Erdachse nicht immer 23,4 Grad, wie sie heute ist. Die Achse zu Sonne oszilliert zwischen 21,5 und 24,5 Grad. Der von Milankovitch beschriebene Zyklus ist durch die „Präzession“ verursacht. Bei der Taumelbewegung der Erde überlagern sich drei Phänomene, die eben angesprochene „Präzession“, die „Rotation“ und die „Exentrität“.

12. Die „Kleine Eiszeit“ dauerte etwa von 1450 bis 1780. Beschreiben Sie die globalen Folgen.

Der Kälteeinbruch dieser „Eiszeit“ ist in den letzten Jahrhundert wieder realtviert und es haben sich wieder Voreiszeitliche Temperaturen eingestellt. In den letzten 20 Jahren jedoch stieg die Temperatur überdurchschnittlich stark an. Es kann also sein, dass wir auf eine Warmzeit hinzugehen, wie es die im „Mittelalterlichen Klimaoptimum“ war. So war 700 – 1300 nach Christus die gesamte Erde rund ein Grad wärmer, so dass die Wikinger auf Grönland Viehzucht und Ackerbau betrieben und in England jährlich Wein angebaut wurde. Nach einbruch der kleinen Eiszeit froren die Themse und die Bucht von Venedig regelmäßig ein, es kam zu Missernten und Hungersnöten. Auch die Wikinger wurden von dem Eis aus Grönland verdrängt. Im Maunder-Minimum (siehe Frage 2) schlussendlich kam es zum Höhepunkt der Kältephase. Hinzu kommt noch, dass zu dieser Zeit die Vulkanaktivität auf der Erde sehr hoch war, so brach der Ätna z.B. zu dieser Zeit so oft aus, als in jeden anderen Zeitalter.

Anbei: Hier wurden zwei wichtige Klimafaktoren betrachtet, Sonne und Vulkanaktivität. Hier gibt es scheinbar überlagernde Zyklen!