

I Klimawissen – Grundlagen



1.1 Klima – Definitionen

Zusammenfassung:

- Wetter, Witterung und Klima haben unterschiedliche Zeit- und Raumbezüge.
- Klimaänderungen werden auf Basis mindestens 30jähriger Mittelwerte im Vergleich zur Referenzperiode 1961 – 1990 charakterisiert.

Was unterscheidet das Klima vom Wetter?

Umgangssprachlich werden die Begriffe **Wetter**, **Witterung** und **Klima** oft synonym verwendet. Für das Verständnis des Klimawandels und seiner Folgen ist jedoch eine klare Abgrenzung (siehe Definitionen) wichtig.

Beispiele für Wetter-, Witterungs- und Klimaereignisse enthält Abbildung I.1-1. Dabei reicht die Zeitskala von Minuten über Stunden, Tage und Monate bis zu Jahrzehnten. Die räumliche Ausdehnung der Ereignisse erstreckt sich von einigen hundert Metern bis zu globalen Ereignissen.

Statistisch wird das Klima durch das Schwankungsverhalten um Mittelwerte für Klimaelemente und abgeleitete Klimagrößen (z. B. klimatische Wasserbilanz u. a.) charakterisiert. Dabei werden Mittelungszeiträume von mindestens 30 Jahren Dauer im Vergleich zu einer Referenz ausgewertet. Als sog. Referenzperiode wurde von der WMO (Weltorganisation für Meteorologie (englisch World Meteorological Organization)) der Zeitraum 1961 bis 1990 festgelegt.

Das **Wetter** ist der Momentanzustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort und unterliegt ständiger Veränderung. Der zu Grunde liegende Zeitraum umfasst höchstens einen Tag. Unter **Witterung** versteht man den vorherrschenden Charakter des Wetterablaufes über mehrere Tage bis Monate. Das **Klima** beschreibt den langjährigen mittleren Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort.

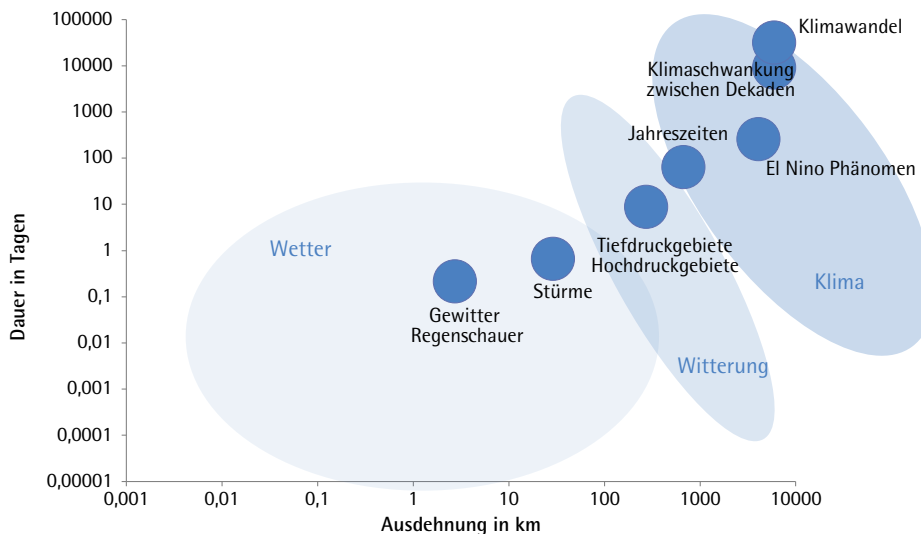


Abbildung I.1-1: Unterscheidung von Wetter, Witterung und Klima

Klimaelemente sind meteorologische Größen, die einzeln sowie durch ihr Zusammenwirken das Klima kennzeichnen (z. B. Temperatur, Niederschlag, siehe Tabelle I.1-1).

Als **Klimafaktoren** bezeichnet man diejenigen Wirkungen, die die Klimaelemente in ihrer räumlichen und zeitlichen Ausprägung beeinflussen.

Tabelle I.1-1: Klimaelemente (mit Maßeinheiten und Messgeräten) und Klimafaktoren

Klimaelemente	Maßeinheiten	Messgeräte	Klimafaktoren
Temperatur	°C, °F, K	Grad Celsius, Grad Fahrenheit, Kelvin	Thermometer in 2 m Höhe im Schatten
Luftdruck	hPa	Hektopascal	Barometer
Luftfeuchte (relative)	%	Prozent	Hygrometer
Windstärke	m/s, Kn, Bf	Meter pro Sekunde, Knoten, Beaufort	Anemometer
Windrichtung	°	Grad	Windfahne
Strahlung	W/m ²	Watt pro m ²	Radiometer
Bewölkung	0 bis 8	Achtelschrittweite	Schätzung durch Meteorologen
Niederschlag	mm, l/m ²	Millimeter, Liter pro m ²	Regenmesser
Verdunstung	mm	Millimeter	Evaporimeter

Zeitlich differenzierend wirken eine ganze Reihe von externen Klimafaktoren mit unterschiedlichen Wirkungszeiträumen:

- Episodisch wirken Meteoriteneinschläge und Vulkanausbrüche.
- Periodisch wirken Variationen der Sonnenaktivität mit Zyklen um 11, 22, 76 ... Jahren.
- Als mittel- bis langfristig monodirektionaler Strahlungsantrieb wirkt der anthropogene Treibhauseffekt.
- Wesentlich längerfristig wirken die Orbitalparameter des Erdumlaufs um die Sonne (sog. Milanković-Zyklen mit ca. 20.000 bis 100.000 Jahren, vgl. Abbildung I.1-2), die die Hauptursache für die Abfolge von Kalt- und Warmzeiten sind.
- Langfristig monodirektional wirkt die Kontinentaldrift (Jahrmillionen).

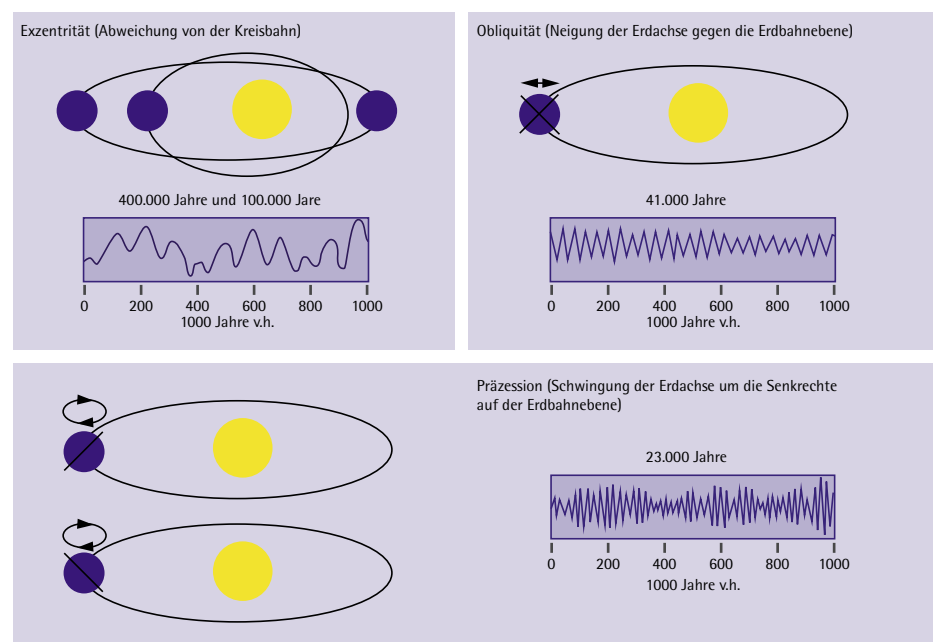
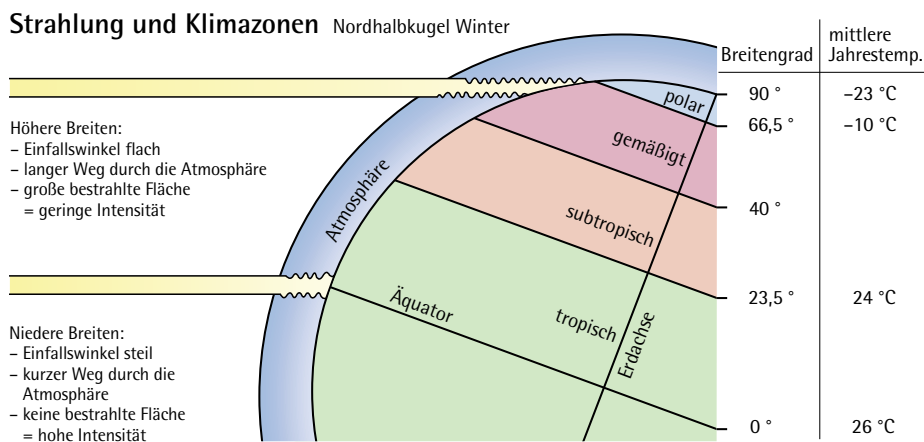


Abbildung I.1-2: Die wichtigsten Erdbahnparameter und ihre charakteristischen Zeitskalen (Zyklen)

Räumlich differenziert sich das Klima durch eine Reihe von Klimafaktoren. Dabei wirken geografische Breite (Zuordnung zu einer Klimazone, siehe Abbildung I.1-3), Meeresströmungen und Meeresnähe eher überregional, die Höhe über dem Meeresniveau, Geländeneigung und Flächennutzung eher regional (Regional-, Lokalklima). Durch die geografische Breite und die Neigung der Erdachse ergibt sich auf der Nordhalbkugel der Erde die grobe Einteilung in verschiedene Klimazonen (Abbildung I.1-3).



Thema Klima:
<https://umweltstiftung.allianz.de/content/dam/onemarketing/umweltstiftung/umweltstiftung/media/publikationen/wissen/klima/index.html#12>

Abbildung I.1-3: Klimazonen der Nordhalbkugel (Quelle: Allianz Umweltstiftung, Informationen zum Thema Klima)

1.2 Klimasystem und Treibhauseffekt

Zusammenfassung:

- Das Klima wird durch komplexe Stoff- und Energieflüsse bestimmt. Diese sind zurzeit noch nicht vollständig bekannt.
- Trotzdem kann mit einer Sicherheit von mehr als 95% davon ausgegangen werden, dass der seit der Mitte des 20. Jahrhunderts beobachtete globale Temperaturanstieg anthropogen bedingt ist.
- Mit der zunehmenden Erwärmung könnte es zu plötzlichen und drastischen Klimaänderungen kommen, die eventuell irreversibel sind (sog. Kipp-Punkte).

Klimasystem

Das Klimasystem unseres Planeten Erde ist von gewaltigen Stoff- und Energieflüssen gekennzeichnet. Wetter, Witterung und letztlich das Klima sind Ergebnis physikalisch begründeter Wechselwirkungen zwischen den Komponenten des Klimasystems (Atmosphäre, Hydrosphäre, Kryosphäre, Biosphäre, Pedo- und Lithosphäre). Antrieb hierfür ist letztlich die Strahlungsbilanz. Wie hoch die Variabilität (Schwankungsbreite um langjährige Mittelwerte) ist, wird an Extremereignissen wie Hitze- oder Kältereckorden, Starkniederschlägen/Hochwasser, Tornados, Dürreperioden usw. deutlich.

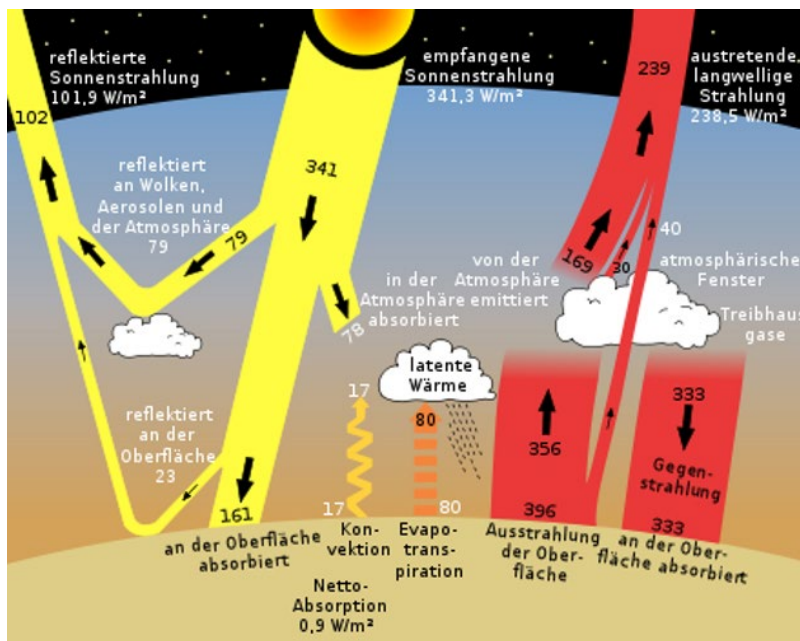


Abbildung I.2.-1 NASA, translated by IqRS, redrawn by Christoph S. - Trenberth, Fasullo and Kiehl (2009): Earth's global energy budget. In: Bulletin of the American Meteorological Society, preprint Kiehl and Trenberth 2009, based on Kiehl and Trenberth 1997

Abbildung I.2-1 zeigt eine vereinfachte Darstellung der Strahlungsbilanz. Die Wolken spielen eine wichtige Rolle im Strahlungshaushalt. Sie haben sowohl eine kühlende (Albedo) als auch eine erwärmende (Treibhaus) Wirkung auf die bodennahe Luft.

Neben der Wirkung von Wolken (Reflektion und Absorption von kurz- und langwelliger Strahlung) und Treibhausgasen wird auch die Bedeutung des Reflexionsvermögens (Albedo) der Erdoberfläche deutlich.

Da die Albedo verschiedener Oberflächen sehr unterschiedlich ist, haben großflächige Veränderungen wie zum Beispiel Vergletscherung/Abschmelzen, Wüstenbildung/Begrünung, Versumpfung/Austrocknung, Be-/Entwaldung Auswirkungen auf das regionale und globale Klima.

Treibhauseffekt

Eine für den globalen Energiehaushalt als Ganzes entscheidende Wechselwirkung der Klimakomponenten ist der Treibhauseffekt, d. h. die zusätzliche Erwärmung der bodennahen Luftschicht durch Treibhausgase. Diese lassen die kurzweilige Sonnenstrahlung durch die Atmosphäre weitgehend zur Erdoberfläche passieren, absorbieren aber Strahlung spezifischer Wellenlängen innerhalb des Spektrums der langwelligen Infrarotstrahlung, welche von der Erdoberfläche, der Atmosphäre und den Wolken ausgestrahlt wird. Die aufgenommene Wärme strahlen sie auf die Erde zurück. Ohne diesen natürlichen Prozess betrüge die globale Durchschnittstemperatur statt 15 °C nur -18 °C.

Die Tätigkeit des Menschen, insbesondere die zunehmende Nutzung fossiler Brennstoffe seit der Industrialisierung und Landnutzungsänderungen, haben zum Anstieg der Konzentration von Treibhausgasen, insbesondere Kohlendioxid (CO₂) in der Atmosphäre beigetragen. Mit einer Sicherheit von mehr als 95 % ist der seit der Mitte des 20. Jahrhunderts beobachtete Temperaturanstieg anthropogen bedingt (IPCC, 2014)

Besonders in den letzten Jahren ist das Wissen und Prozessverständnis über die Wechselwirkungen zwischen den variablen Stoffflüssen und der globalen Energiebilanz, dargestellt als globale Mitteltemperatur, erheblich angewachsen. Diese neuen Erkenntnisse fließen in die Programme zur Berechnung der möglichen Klimazukunft ein.

Mittels Eisbohrkernen konnte der Zusammenhang zwischen der Temperaturveränderung über die Jahrtausende und dem Kohlenstoffkreislauf in Form des atmosphärischen Kohlendioxid- und Methangehalts belegt werden (siehe Kapitel I.03).

Die vielfach geführte Diskussion um die Ausprägung des Klimawandels und dem menschengemachten Anteil daran widmet sich beispielsweise Prof. Rahmstorf (PIK).

Klimadynamik

Entsprechend der sehr unterschiedlichen Land/Ozean-Verteilung finden sich auf Nord- und Südhalbkugel jeweils charakteristische oszillierende atmosphärische/ozeanische Zirkulationsmuster, die prägend auf die Großwetterlagen wirken:

Nordhemisphäre: NAO – Nordatlantische Oszillation

Unter NAO (North Atlantic Oscillation) versteht man die Schwankung des Druckverhältnisses zwischen dem Islandtief im Norden und dem Azorenhoch im Süden des Nordatlantiks. Der NAO-Index ist ein Maß für die Stärke der Westwinddrift auf dem Nordatlantik, die für die Witterung und das Klima in Europa, insbesondere für die Winter, eine maßgebliche Rolle spielt.

Ein positiver NAO-Index führt in den meisten Fällen zu einer starken Westströmung, die milde und feuchte Luft nach Europa führt. Bei einem negativen NAO-Index können häufige Kaltlufteinbrüche aus Nordosten in Mitteleuropa zu kalten Wintern führen.

Laut jüngsten wissenschaftlichen Untersuchungen führt die Abschwächung der NAO zur Bildung eines wellenförmigen Jetstreams (vgl. Abbildung I.2-2). Der Jetstream ist eine schnelle Luftströmung in einer Höhe zwischen 8 und 10 km, die die Bewegung der wetterbestimmenden Druckgebiete über Europa steuert. Verläuft der Jetstream in West-Ost-Richtung, so ziehen die Druckgebiete über Mitteleuropa ebenfalls meist in dieser Richtung. Bildet sich eine Welle im Jetstream mit einem Wellenberg über Europa, so strömt meist warme feuchte Luft aus südlichen Richtungen nach Deutschland. Liegt ein Wellental des Jetstream über Europa, so strömt kalte trockene Polarluft nach Deutschland. Bleibt solch ein Wellental oder Wellenberg des Jetstream über Europa längere Zeit bestehen, so können sich auch die Druckgebiete über dem Boden nicht bewegen und beeinflussen damit das Wettergeschehen über eine längere Zeit. Dies nennt man auch quasi-stationäre Wetterlagen, da sie scheinbar unbeweglich an einem Ort festgehalten werden.

Mit zunehmender Andauer einer Wetterlage (Persistenz) steigt das Risiko für das Auftreten von Extremereignissen wie Starkniederschlägen, Trocken- und Hitzeperioden.

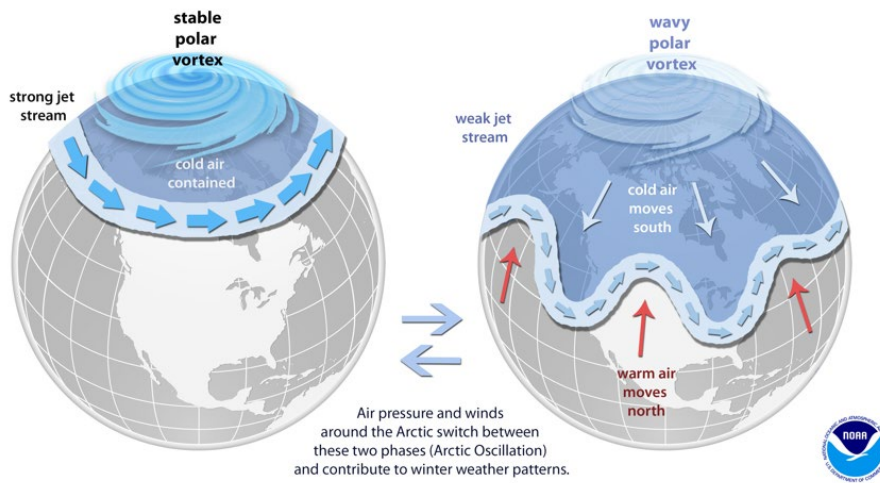


Abbildung I.2-2: Einfluss des Jetstreams auf die Großwetterlage in mittleren Breiten (Quelle: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA))

Südhemisphäre: ENSO – El Niño, Südliche Oszillationen

Die Wassertemperatur an der Oberfläche des Pazifiks vor Südamerika charakterisiert die Jahre mit dem El Niño-Phänomen (besonders warm) bzw. seinem Gegenspieler La Niña. Die ENSO-Zirkulation hat in starken Jahren Auswirkungen auf das Wetter und die Witterung um die gesamte Erde.

Ähnlich zu den atmosphärischen Strömungsmustern gibt es ozeanische Strömungen. Die großräumigen Strömungen werden durch Wind, Dichte- und Temperaturunterschiede angetrieben.

Viele dieser Strömungen sind Teil eines die Ozeane umspannenden Strömungssystems, des „großen marinen Förderbands“ (siehe Abbildung), das sich vom Nordatlantik über das antarktische Zirkumpolarmeer und den Indischen Ozean bis in den nördlichen Pazifik und zurück erstreckt. Ein kleiner Teil dieser Ozeanzirkulation wird gemeinhin als Golfstrom bezeichnet.

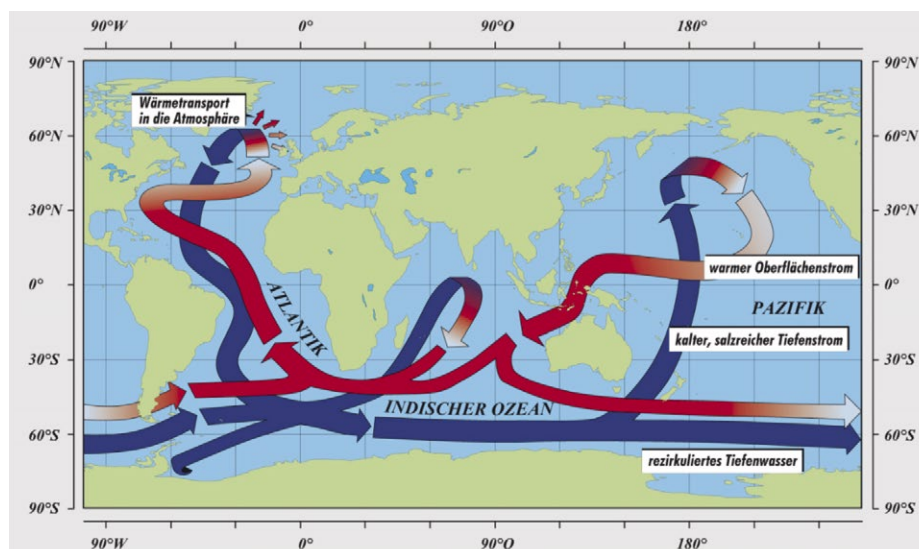


Abbildung I.2-3: Das „große marine Förderband“ (thermohaline Zirkulation) - warme Oberflächenströmungen sind rot, kalte Tiefenströmungen blau eingezeichnet (Abbildung über Klimawiki: Norbert Noreiks, Max-Planck-Institut für Meteorologie, nach Broecker, W.S. (1991): The great ocean conveyor, Oceanography 4, 79-91)

Neueste Forschungen zeigen charakteristische Muster der Abkühlung und Erwärmung des Nordatlantik, welche mit einer Verlangsamung der Ozeanzirkulation in Verbindung gebracht werden. Dies korrespondiert mit den Modellergebnissen zur Klimaentwicklung bei zunehmendem Treibhausgasausstoß.

Kipp-Punkte

Mit der zunehmenden Erwärmung könnte es insbesondere in dafür anfälligen Regionen zu plötzlichen und drastischen Klimaänderungen kommen, die evtl. irreversibel sind (sog. Kipp-Punkte). Wo genau ein solcher Punkt liegt (also z. B. bei welcher Temperatur er überschritten wird), bzw. ob er überhaupt existiert, ist bislang allerdings nicht aus Beobachtungen ableitbar. Die aktuelle Forschung benennt in der Regel die folgenden Szenarien als Kipp-Punkte (vgl. auch Abbildung I.2-4):

Eiskörper:

- Schmelzen des Arktischen Meereises
- Verlust des Grönland-Eispanzers
- Kollaps des Westantarktischen Eisschildes
- Teilkollaps in der Ostantarktis
- Auftauen der arktischen Dauerfrostböden in Sibirien und Nordamerika
- Methan-Ausgasung aus den Ozeanen

Strömungs- bzw. Zirkulationssysteme der Ozeane und der Atmosphäre

- Abschwächung der Atlantischen Thermohalinen Zirkulation
- Störung des El Niño-Phänomens
- Verlangsamung oder Einrasten der Planetarischen Wellen des Jet Streams
- Destabilisierung des Indischen Monsuns
- Verlagerung des Westafrikanischen Monsuns mit Auswirkung auf die Sahara
- Austrocknen des Nordamerikanischen Südwestens

Bedrohte Ökosysteme von überregionaler Bedeutung

- Umwandlung des Amazonas-Regenwaldes
- Rückgang der Nordischen Nadelwälder (Borealwälder)
- Zerstörung von Korallenriffen
- Abschwächung der Marinen Kohlenstoffpumpe

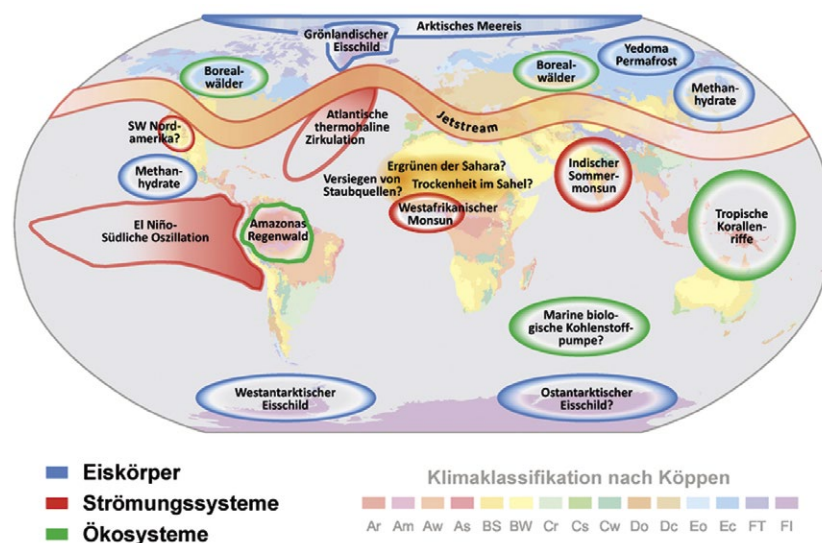


Abbildung I.2-4: Geografische Einordnung der wichtigsten Kippelemente im Erdsystem mit Angabe der Klimazonen nach Köppen. Fragezeichen kennzeichnen Systeme, deren Status als Kippelement wissenschaftlich noch nicht gesichert ist. Quelle: PIK, 2017; Die Karte der Kippelemente ist lizenziert unter einer Creative Commons BY-ND 3.0 DE Lizenz

Den Kipp-Punkten werden unterschiedlichen Schwellen zugeordnet. Beispielsweise zählen Korallenriffe zu den Elementen, die nur einen sehr schmalen Toleranzbereich für Änderungen ihrer Umgebungsbedingungen haben. Dagegen verlaufen Änderungen im Zusammenhang mit den Eisschilden in Grönland oder der Westantarktis relativ langsam. Dennoch ist das Abschmelzen dieser Süßwasservorräte – einmal angestoßen – nicht mehr rückgängig zu machen. Durch vielfache Rückkopplungseffekte sind sie langwierig, aber nicht weniger dramatisch in ihren Wirkungen.

1.3 Klimageschichte

Zusammenfassung:

- Im Verlauf der Erdgeschichte hat sich auch das Klima immer geändert, sowohl langfristig als mit kurzfristigen Schwankungen.
- Die Entwicklung der Menschheit hat seit ungefähr 10000 Jahren von einer relativ stabilen Warmzeit profitiert. In der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts setzte ein globaler Temperaturanstieg mit einem ersten Maximum um 1940 ein. Seit etwa 30 Jahren hat sich der Anstieg erheblich verstärkt.
- Durch die immer stärkere Einflussnahme des Menschen besteht die Gefahr, dass das relativ stabile Klima der letzten Jahrhunderte innerhalb weniger Jahrzehnte durch abrupte Klimaänderungen beendet wird.

Klimaänderungen resultieren aus Änderungen im Strahlungs- und somit Energiehaushalt. Die Erdgeschichte ist zugleich eine Geschichte des globalen wie regionalen Klimawandels. So hat es in der Erdgeschichte immer wieder zum Teil drastische Klimaänderungen gegeben, sowohl langfristige Veränderungen als auch kurzfristige Schwankungen. Die Eigenschaften historischer Klimate sind in den Sedimenten, den Eisschilden der Antarktis und Grönlands, in biosphärischen Spuren (vgl. Tabelle I.3-1) sowie für die jüngste Geschichte auch in menschlichen Zeugnissen gespeichert.

Tabelle I.3-1: Beispiele für Klimaanzeiger (Proxies) und deren historische Reichweite

Beispiele Klimaproxies	Historische Reichweite in Jahren
Dendroklimatologie (Baumringanalyse)	12.000
Fossile Pollen in Mooren, Torfen und Sedimenten	40.000
Eisbohrkerne	800.000 EPICA-Projekt
Tiefseesedimente	Mehrere Millionen
Tiefseesedimente	Mehrere Millionen

Weiterführende Links:
http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/primer_proxy.html
 H. Oerter (Alfred-Wegener-Institut für polar- und Meeresforschung):
 Eisbohrkerne als Klimaarchiv
 6. Internationaler Polartag, Köln,
 4. Dezember 2008
<https://epic.awi.de/19661/1/Oer2008i.pdf>

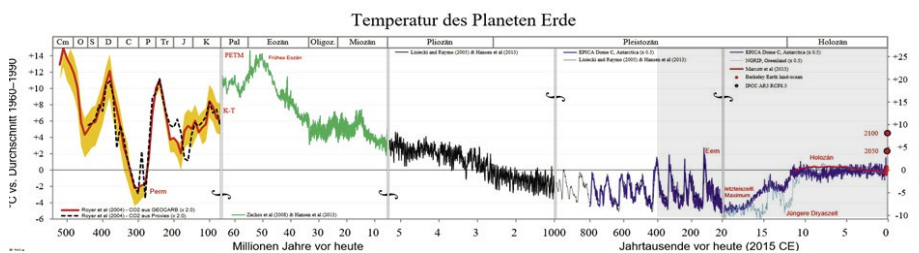


Abbildung I.3-1: Entwicklung des Klimas aus Proxydaten rekonstruiert (der grau unterlegte Bereich ist in Abbildung I.3-2 vergrößert dargestellt), Quelle: Ariel Provost, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pal%C3%A9otemp%C3%A9ratures.svg?uselang=fr>

In Abbildung I.3-1 ist die Temperaturentwicklung einmal zusammenfassend über alle Erdzeitalter und mit unterschiedlicher zeitlicher Auflösung dargestellt. Dies ist durch die unterschiedlichen Linienfarben ersichtlich. Zunächst ist einmal erkennbar, dass es einen Wechsel zwischen wärmeren und kälteren Perioden schon seit Anbeginn der Erdgeschichte gibt. Im Perm vollzog sich ebenfalls ein starker Temperaturanstieg, allerdings über mehrere Millionen Jahre. Die jüngste Periode der Erdgeschichte, das Quartär, begann vor etwa 2,4 Millionen Jahren und ist durch den häufigen Wechsel von Warmzeiten und Kaltzeiten (Epochen anhaltender Vergletscherungen der sonst eisfreien Gebiete mittlerer Breiten) geprägt. Die letzten 400.000 Jahre Klimageschichte davon sind in Abbildung I.3-2 dargestellt.

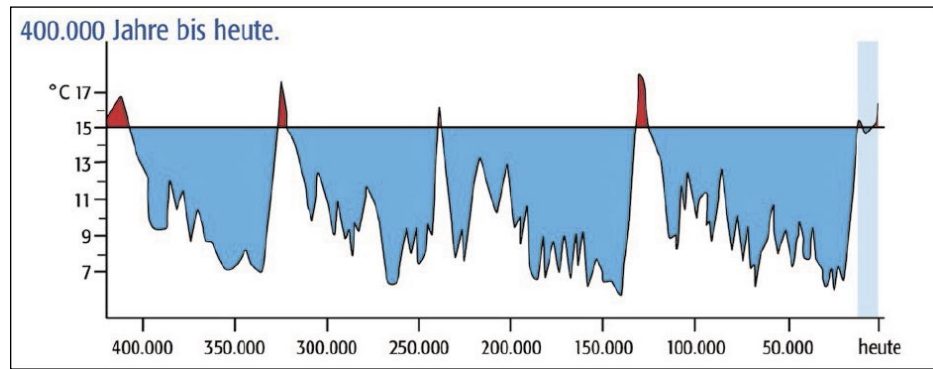


Abbildung I.3-2: Globale Temperaturentwicklung der letzten 400.000 Jahre (Abbildung: Allianz Umweltstiftung)

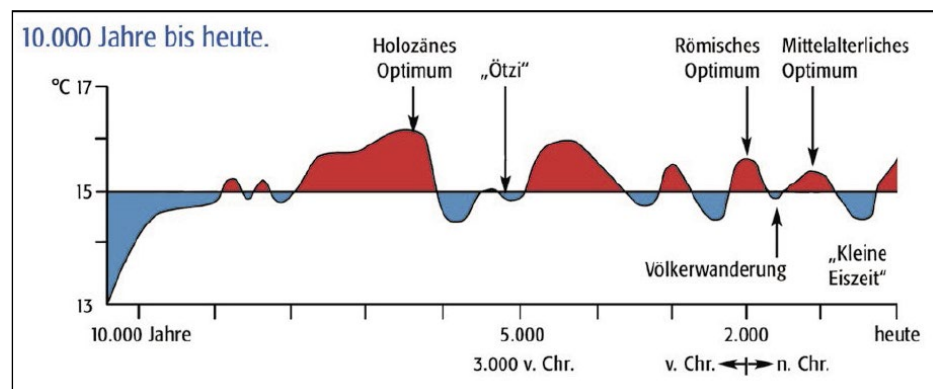


Abbildung I.3-3: Globale Temperaturentwicklung der letzten 10.000 Jahre (Abbildung: Allianz Umweltstiftung)

Der letzte, die Erde tiefgreifend verändernde Klimawandel hat vor etwa 10.000 – 11.000 Jahren mit dem Übergang in das noch andauernde Klima einer Warmzeit, dem Holozän, stattgefunden, verbunden mit einem globalen bodennahen Lufttemperaturanstieg um ca. 4 – 5 °C. Dieser Temperaturanstieg fand über einen Zeitraum von etwa 5000 Jahren statt (vgl. Abbildung I.3-3). Das Warmzeitklima ist bislang relativ stabil gewesen und insofern eine Grundlage zur Entwicklung der Menschheit in der jüngeren Klimageschichte. Es traten geringere Erwärmungs- und Abkühlungsphasen auf. Als warme Episoden gelten beispielsweise das Klimaoptimum der Römerzeit (Lufttemperatur im Mittel etwa 1 Grad höher als heute) und das mittelalterliche Optimum (Lufttemperatur im Mittel etwa wie heute). Die kälteste Epoche dieses Zeitraumes liegt ungefähr 2.500 Jahre zurück. Die Zeitspanne von 1350 – 1850 war in der Nordhemisphäre insgesamt etwa 1 Grad kälter («Kleine Eiszeit») als die meisten Abschnitte des Holozäns und gipfelte schließlich in der Maximalausdehnung der Gletscher um die Mitte des 18. Jahrhunderts. In der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts setzte ein globaler Temperaturanstieg mit einem ersten Maximum um 1940 ein. Die globale Mitteltemperatur in Bodennähe stieg im Zeitraum von 1880 bis 2012 um 0,85 Grad (IPCC, 2014).

Seit etwa 30 Jahren hat sich der Anstieg erheblich verstärkt. Bemerkenswert ist dabei, dass sich diese Erwärmung – von kleineren Regionen mit gegenläufigen Tendenzen abgesehen – im globalen Maßstab vollzieht. Die früheren Episoden des Holozäns traten (mit Ausnahme der kleinen Eiszeit) nicht weltweit auf, sondern beschränkten sich auf bestimmte Regionen der Erde.

Durch die immer stärkere Einflussnahme des Menschen besteht die Gefahr, dass das relativ stabile Klima der letzten Jahrhunderte innerhalb weniger Jahrzehnte durch abrupte Klimaänderungen beendet wird – mit kaum absehbaren Folgen (vgl. Kap. I.2). Da wir heute bereits in einer Warmzeit – etwa vergleichbar mit einer Warmzeit vor ca. 400.000 Jahren – leben, könnte die Menschheit bei einer Fortsetzung dieser Entwicklung bald mit einem globalen Temperaturniveau konfrontiert sein, das sie noch nie erlebt hat.

1.4 Der Weltklimarat IPCC

Zusammenfassung:

- Die Staaten haben die Notwendigkeit, den fortschreitenden globalen Erwärmungstrend zu begrenzen, erkannt.
- Die Umsetzung dieser Erkenntnis in abgestimmtes Handeln für mehr Klimaschutz ist trotz weiter andauernder Verhandlungen kompliziert.

Die Abkürzung „**IPCC**“ steht für **I**nter**g**overnmental **P**anel on **C**limate **C**hange (Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen). In deutschsprachigen Medien wird der IPCC zumeist als „**Weltklimarat**“ bezeichnet. Gegründet wurde der IPCC 1988 durch die Weltorganisation für Meteorologie (WMO – World Meteorological Organization) und das Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP – United Nations Environment Programme). Die Ergebnisse der Arbeiten sind die Basis für die internationalen Klimaverhandlungen im Rahmen der United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Darin bekräftigen die Mitgliedsstaaten die Absicht, einen „gefährlichen Klimawandel“ verhindern zu wollen.

Der IPCC betreibt selbst keine eigene Forschung, sondern trägt die Ergebnisse der aktuellen wissenschaftlichen, technischen und sozioökonomischen Literatur, die weltweit zu dem Thema publiziert wird, zusammen und wertet sie aus. Die Auswertungen erscheinen in Berichten („IPCC Assessment Reports“ – „Sachstandsberichte“), die den jeweils aktuellen Stand der Forschung zum Klimawandel umfassend und aufbereitet für bestimmte Zielgruppen (Politiker, Wissenschaftler) darstellen sollen.

Ergebnisse des aktuellsten, fünften **Sachstandsberichts** sind (stark vereinfacht und zusammengefasst) u.a.:

- Die globale Mitteltemperatur hat sich im Zeitraum von 1880 bis 2012 um 0,85°C erhöht.
- Der globale mittlere Meeresspiegel ist im Zeitraum von 1901 bis 2010 um etwa 19 cm angestiegen.
- Die Niederschläge stiegen zwischen 1950 und 2008 in den Tropen und mittleren Breiten der Nordhalbkugel an; in den trockenen Regionen der Subtropen nahmen sie ab.
- In Europa, Asien und Australien gab es mehr Hitzewellen. Stärkere Niederschläge sind in Nordamerika und Europa häufiger und intensiver geworden.
- Der anthropogene Einfluss (insbesondere der Treibhausgasausstoß) ist mit einer Wahrscheinlichkeit von mehr als 95% die Hauptursache für die Erwärmung seit Mitte des 20. Jahrhunderts.
- Der weitere ungebremste Treibhausgasausstoß würde zur weiteren Erwärmung und zu Veränderungen in allen Komponenten des Klimasystems führen. Die Bandbreite der Ergebnisse von Klimaprojektionen hat sich erhöht (insbesondere durch die Aufnahme eines Szenarios mit sehr ambitionierten Klimaschutzmaßnahmen).
- Der weltweite Treibhausgasausstoß hat in der letzten Dekade einen Höchststand erreicht. Ursache ist das Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum. Die Einhaltung der Zwei-Grad-Obergrenze ist bei tiefgreifendem Wandel von Gesellschaft und Wirtschaft noch möglich, wird aber bei weiterer Verzögerung immer schwieriger.
- Minderungsmaßnahmen müssen hauptsächlich auf die vollständige Dekarbonisierung der Energieversorgung, die Reduktion des Endenergieverbrauchs und kohlenstoffarme Kraftstoffe gerichtet sein. Bei geeigneten Bedingungen kann Bioenergie dabei eine zentrale Rolle einnehmen. Hinsichtlich der Nebenwirkungen und Risiken besteht große Unsicherheit.
- Weltweiter Klimaschutz erfordert internationale Kooperation. Maßnahmen bis zur lokalen Ebene bleiben aber weiter sehr wichtig.

Weitere Informationen:

IPCC-Homepage: <https://www.ipcc.ch/>

Informationen in deutscher Sprache: Deutsches Klima Konsortium, <https://www.deutsches-klima-konsortium.de/de/startseite.html>

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.; <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>

Der 5. Sachstandsbericht des IPCC hat keine grundlegend neuen oder abweichenden Ergebnisse im Vergleich zum bisherigen Kenntnisstand gebracht. Die Aussagesicherheit der Klimadiagnose wurde deutlich verbessert. Die Projektionen der zukünftigen Entwicklung sind viel fundierter.

Internationale Klimaschutzpolitik

Im Juni 1992 fand in **Rio de Janeiro** eine Umweltkonferenz der Vereinten Nationen statt. Als Ergebnis dieser Konferenz wurde die Agenda 21 beschlossen - Leitlinien zur Nachhaltigen Entwicklung im 21. Jahrhundert. Für den Bereich Klima wurde die Klimarahmenkonvention abgeschlossen. Diese verpflichtet die Vertragsstaaten, eine gefährliche anthropogene Veränderung des Klimas zu verhindern und das Niveau an Treibhausgasen in der Atmosphäre zu stabilisieren (80 % Reduktion der Treibhausgase vom 1990 bis zum Jahr 2050). Diese freiwillig verpflichtende Konvention trat schließlich 1994 in Kraft und wurde inzwischen von 195 Staaten ratifiziert.

Seit 1995 findet jährlich eine Klimakonferenz (engl. Conference of the Parties – COP) an wechselnden Orten statt. Ein nächster entscheidender Schritt gelang 1997 mit dem Kyoto-Protokoll, benannt nach dem damaligen Tagungsort der 3. Konferenz in **Kyoto**, Japan. Das Kyoto-Protokoll enthält verbindliche Begrenzungs- und Reduzierungsrichtlinien und eröffnet gleichermaßen Wege, durch ausgewählte Methoden die gesteckten Ziele zu erreichen.

In der Folge wurden die jährlichen Konferenzen zur weiteren Gestaltung des Kyoto-Protokolls genutzt. So haben sich die Länder 2015 in Paris auf gemeinsame Ziele geeinigt, die sie mit dem Abkommen erreichen wollen. Die Erderwärmung soll im Vergleich zum vorindustriellen Niveau auf deutlich unter zwei Grad Celsius, idealerweise auf 1,5 Grad begrenzt werden. Diese Obergrenzen sind damit erstmals in einem völkerrechtlichen Vertrag verankert. Neben der Minderung der Treibhausgasemissionen ist auch die Anpassung an den Klimawandel als unausweichliche Notwendigkeit beschrieben.

