



UmweltWissen – Klima & Energie

Das Klima der Vergangenheit



Spuren der Klimaänderungen findet man sogar in der Kunstgeschichte. So malte Hendrick Avercamp in einer der kältesten Perioden der kleinen Eiszeit vor allem Winterlandschaften

Die „Kleine Eiszeit“ war eine kalte Periode, die Europa im Mittelalter heimsuchte. Sie löste Hungersnöte, Seuchen und kriegerische Auseinandersetzungen aus. Klimaänderungen beeinflussen also den Lauf der menschlichen Geschichte. Sie können auch ein starker Antrieb für die Entwicklung des Menschen sein. Das Verständnis des früheren Klimas hilft uns, den gegenwärtigen Klimawandel einzuordnen.

Um dessen Auswirkungen auf die Natur und Menschheit zu erforschen, greifen wir auf verschiedene Methoden zurück: Aufzeichnungen der Lufttemperatur und des Niederschlags gibt es seit etwa 300 Jahren. Die ältesten Überlieferungen aus denen sich Hinweise zum Klima ableiten lassen, sind Höhlenmalereien. Für die Erforschung des Klimas benötigen Forscher jedoch Daten aus viel früheren Stadien der Erdgeschichte. Diese gewinnen sie aus Eisbohrkernen und anderen Klimaarchiven. Gesteine liefern ebenfalls wichtige Hinweise. Wie bei einem Mosaik setzen Wissenschaftler all diese Erkenntnisse zusammen, um daraus ein Bild vergangener Zeiten zu gewinnen.

1 Erdfrühzeit

Die Erde ist etwa 4,6 Milliarden Jahre alt. Am Anfang war sie eine heiße, glühende Kugel. Nach etwa einer Milliarde Jahren kühlte ihre Oberfläche so weit ab, dass sich eine Kruste bildete. Im weiteren Verlauf der Abkühlung konnte sich erstmals Wasserdampf als flüssiges Wasser auf der Erdoberfläche niederschlagen. Die Abkühlung verlief jedoch nicht kontinuierlich: Zwischen den wärmeren Phasen gab es mindestens zwei Vereisungen. Die erste nachgewiesene Eiszeit ist die Huronische Vereisung vor etwa 2,4 bis 2,2 Milliarden Jahren. Vor 750 bis 550 Millionen Jahren folgte die jung-proterozoische Vereisung.

Über das Klima der Erdfrühzeit ist wenig bekannt, weil aus dieser Zeit fast keine Spuren erhalten sind. Das Leben entwickelte sich wahrscheinlich in den kälteren Zeiträumen der Erdfrühzeit. Zu den ersten Lebensformen gehörten die Cyanobakterien. Diese Bakterien können – ähnlich wie Pflanzen – das Treibhausgas Kohlendioxid (CO₂) mit Hilfe der Sonnenstrahlung in Sauerstoff umwandeln. Dadurch stieg der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre langsam an. Günstige Bedingungen für ein vielfältiges Leben gab es erst gegen Ende der Erdfrühzeit.

2 Erdaltertum und Erdmittelalter

Vor 542 Millionen Jahren herrschte im **Erdaltertum** (Paläozoikum) über lange Zeit ein wärmeres Klima als heute. Grund für die hohen Temperaturen war vermutlich ein hoher atmosphärischer Gehalt des Treibhausgases CO₂, dessen Konzentration damals etwa drei Mal höher lag als heute. Ein zweiter Grund war die Lage der Kontinente, die den Temperatenausgleich zwischen Äquator und Polregionen über lange Zeiträume nicht behinderte. Zweimal drifteten jedoch Afrika und Gondwana in die Gegend des Südpols und vereisten. Dies löste zwei Eiszeitalter aus.

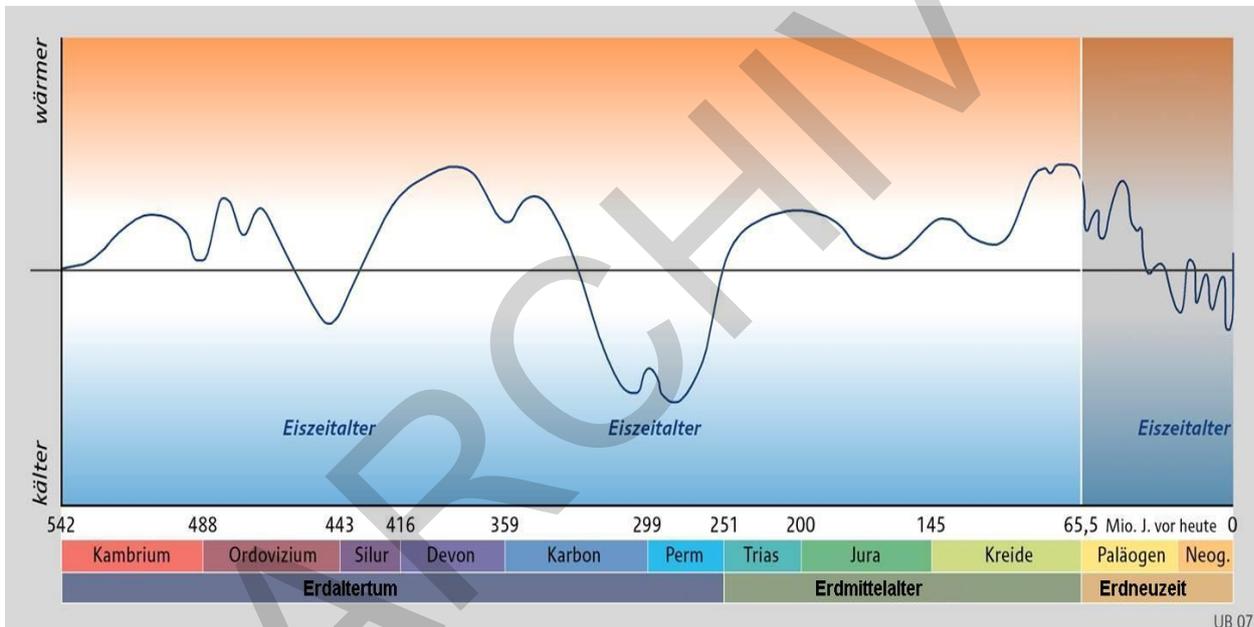


Abb. 1: Veränderungen der durchschnittlichen Temperatur gegenüber dem heutigen Mittelwert (Mittellinie) in den letzten 542 Millionen Jahren.

An der Wende zum **Erdmittelalter** fand das größte Artensterben der Erdgeschichte statt. Ursache waren wahrscheinlich sehr große und lang anhaltende Vulkanausbrüche, deren giftige Gase und Staubwolken die Atmosphäre und das Klima extrem veränderten. Schätzungen gehen davon aus, dass in einem Zeitraum von etwa einer Million Jahre fast alle im Meer lebenden Arten, zwei Drittel der an Land lebenden Arten und ein Drittel der Insekten ausstarben.

Das **Erdmittelalter** (Mesozoikum) begann vor circa 251 Millionen Jahren. Damals waren die Temperaturen höher als heute, weil die Anordnung der Kontinente dem Temperatenausgleich zwischen Tropen und polaren Regionen nicht im Wege stand. Die Erde war vollkommen eisfrei und der Meeresspiegel lag um etwa 80 Meter höher als heute. Viele tropische Wälder bedeckten die Erde, auf der lange Zeit Dinosaurier lebten. Beim Übergang zur Erdneuzeit kam es erneut zu einem Massensterben, bei dem etwa die Hälfte aller Arten ausstarb. Als Ursache werden extreme Vulkanausbrüche in Indien oder ein Meteoriteneinschlag in Mexiko vermutet.

3 Erdneuzeit

Etwa mit dem Beginn des **Paläogens** vor circa 65 Millionen Jahren sind die klimatischen und geologischen Entwicklungen besser fassbar, als in den älteren erdgeschichtlichen Epochen. Auf der Erde kühlte es etwas ab, aber es war immer noch wärmer als heute. Eine erneute ausgeprägte Warmphase vor etwa 55 Millionen Jahren wurde vermutlich durch die Freisetzung großer Mengen Methan, einem starken Treibhausgas, aus dem Meeresboden ausgelöst. Darauf folgte eine mehr oder weniger kontinuierliche Abkühlung, die in erster Linie auf Kontinentalverschiebungen zurückgeführt wird.

Eine weitere Abkühlung fand während des **Neogens** vor 23 Millionen Jahren statt. Über einen Zeitraum von mehr als 10 Millionen Jahren driftete die Antarktis zum Südpol und vereiste dabei. Wie ein gigantischer Eiswürfel kühlte sie die Ozeane, kalte Meeresströmungen ließen die Temperaturen weltweit sinken. Dadurch wurde es trockener und Savannen, Steppen und Wüsten breiteten sich aus. Das Mittelmeer lag trocken, bis die Meerenge von Gibraltar vor fünf Millionen Jahren überspült wurde: Wie ein Wasserfall stürzte das Wasser in das tiefergelegene Mittelmeerbecken, das sich binnen weniger Monate auf 90 Prozent des heutigen Pegelstandes füllte.

Klimatologen zeigen inzwischen auch Interesse an der Zeit des Pliozäns vor 5,2 Millionen Jahren, da die CO₂-Konzentration in der damaligen Atmosphäre den momentanen Werten ähnelt (circa 400 ppm, parts per million). Auch die damaligen Landmassen sind mit den heutigen Kontinenten vergleichbar. Im Durchschnitt war es drei Grad wärmer als heute und der damalige Meeresspiegel lag 20 bis 25 Meter höher.

4 Eiszeitalter und Holozän: Der Mensch erscheint

Vor etwa 2,6 Millionen Jahren begann das **Eiszeitalter (Pleistozän)**. Es ist von einem Wechsel zwischen Kalt- und Warmzeiten geprägt, in dem die durchschnittlichen Temperaturen in einem Rhythmus von etwa 50.000 bis 100.000 Jahren um circa elf Grad schwankten. Die Kaltzeiten, auch Eiszeiten genannt, wurden von Veränderungen in der Erdumlaufbahn angestoßen. Die Eiszeiten verstärkten sich aufgrund von Wechselwirkungen zwischen Veränderungen der Pflanzenwelt, schwankenden Treibhausgasgehalten und großflächigen Vereisungen. Vor allem Schneeflächen reflektieren große Anteile der Sonnenstrahlung in den Weltraum zurück, ohne sich zu erwärmen. Global betrachtet, liefen die Vereisungen uneinheitlich ab. Je nach Region sind meist zwischen drei und fünf Vereisungsphasen nachweisbar. Während der Vereisungsphasen sank der Meeresspiegel teilweise um bis zu 130 Meter.

Der Homo Erectus nahm ab 1,8 Millionen Jahren vor heute nach und nach die Erde in Besitz. In Europa passte sich der Neanderthaler vor 300.000 Jahren an die eisigen Verhältnisse an und in Afrika tauchte vor über 100.000 Jahren der moderne Mensch auf, der Homo Sapiens. Über entstehende Landbrücken konnten sich die frühen Menschen in mehreren Wellen ausbreiten. Asiatisch-mongolische Stämme kamen zum Beispiel vor etwa 15.000 Jahren über die Beringstraße von Sibirien nach Alaska und besiedelten die amerikanischen Kontinente.



Abb. 2: Dass die Sahara einmal grüner war, belegen Felsmalereien: Wie im Akkakus-Gebirge im Südwesten Libyens sind häufig Tiere dargestellt, die heute nicht mehr in der Sahara leben könnten.

Das **Holozän** setzt mit der Vorwärmezeit (Präboreal) ein. Es ist die jüngste erdgeschichtliche Epoche, die durch Veränderungen in der Erdumlaufbahn vor etwa 11.000 Jahren ausgelöst wurde. Die Erwär-

mung hielt 5.000 Jahre an. Funde von Hanfpollen im Ammersee belegen, dass die Menschen in Mitteleuropa bereits vor etwa 10.000 Jahren Gartenbau betreiben konnten. Vor knapp 9.000 Jahren gab es in Europa einen kurzen Kälterückfall, weil sich ein gigantischer Schmelzwassersee in Nordamerika plötzlich in den Atlantik ergoss und den warmen Golfstrom unterbrach.

Nach dem menscheitsgeschichtlichen Übergang von der Altsteinzeit in die Mittelsteinzeit setzte vor etwa 8.000 Jahren beinahe unvermittelt eine weltweite Warmzeit ein, das Atlantikum. Die Temperaturen lagen zwei bis zweieinhalb Grad höher als heute und es war deutlich feuchter. Dadurch gab es gute Lebensmöglichkeiten für Großwild und seine Jäger.

Auf die günstigen klimatischen Bedingungen folgte vor 5.600 Jahren eine kältere Zeit mit geringeren Niederschlägen und ein bis zwei Grad niedrigeren Temperaturen als heute. Missernten verursachten Versorgungsengpässe und stimulierten so möglicherweise die technischen Fortschritte während der Bronzezeit. Die Sahara wurde wieder zur Wüste. Geflüchtete nomadische Völker lernten, mittels Bewässerung am Nil dauerhaften Ackerbau zu betreiben und legten damit den Grundstein der ägyptischen Hochkultur.

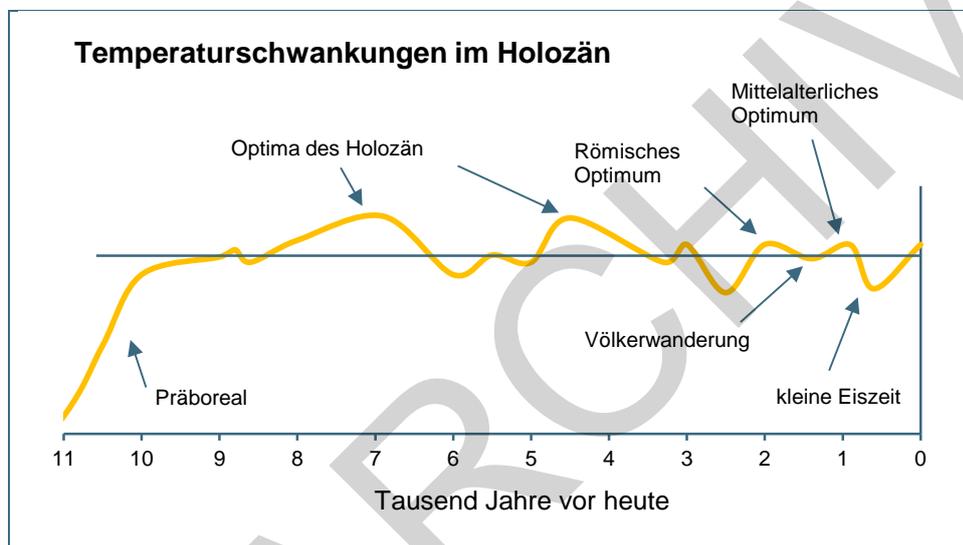


Abb. 3: Die jüngste erdgeschichtliche Epoche war klimatisch recht stabil. Dennoch hat das Klima den Gang der Geschichte beeinflusst.

Die Temperaturen sind als Abweichungen gegenüber dem heutigen Mittelwert (Mittellinie) dargestellt.

Quelle: Kehl 2008, verändert

5 Historische Zeit

Im **römerzeitlichen Klimaoptimum** wurden die klimatischen Bedingungen wieder günstiger. Vor dem Jahr 2.300 waren die Mitteltemperaturen um etwa ein bis eineinhalb Grad wärmer als heute. Das römische Reich konnte sich dadurch leichter ausdehnen, denn die Alpenpässe waren auch im Winter nutzbar. Der Ost-West-Handel auf der Seidenstraße florierte, da dank der klimatisch stabilen Verhältnisse die landwirtschaftliche Produktion und die Versorgung gesichert waren.

Im weiteren Verlauf wurde das Klima kühler und wechselhafter. Die wachsenden Gletscher zerstörten vor circa 1.600 bis 1.300 Jahren römische Straßen und Goldgruben in den Alpen. An den Küsten ereigneten sich heftige Sturmfluten. Nord- und Nordwesteuropa wurden von Hungersnöten heimgesucht, die wahrscheinlich den Anstoß für die Völkerwanderung gaben, eine Abwanderung ganzer Volksstämme nach Süden und Südwesten. Dürreperioden im Osten ließen den Handel zum Erliegen kommen und die Seidenstraße verfiel. Möglicherweise wurde der Einfall der Vandalen und Hunnen im vierten und fünften Jahrhundert nach Christus in Richtung Europa dadurch mit ausgelöst.

Nach der Ära Karl des Großen (768 bis 814 n. Chr.) stiegen die Temperaturen in der **mittelalterlichen Warmzeit** wieder um eineinhalb bis zwei Grad. Dadurch kletterten die Anbaugrenzen in den Gebirgen um etwa 200 Meter nach oben. Die unwirtlichen Gegenden im Norden Europas ergrünten ebenso wie die

südwestlichen Küstenregionen Grönlands, die nun von Wikingern besiedelt werden konnten. Die Landwirtschaft erlebte bis Mitte des 14. Jahrhunderts ihre größte flächenhafte Ausdehnung. Nur ein Fünftel Deutschlands war mit Wald bedeckt. Die steigende landwirtschaftliche Produktion ermöglichte die Versorgung einer wachsenden städtischen Bevölkerung und den Ausbau von Handel und Gewerbe.

Die **kleine Eiszeit** ab dem 14. Jahrhundert brachte einen erneuten Wandel zu kaltem und wechselhaftem Klima. 1342 kam nach mehrtägigem wolkenbruchartigen Dauerregen eine Jahrtausendflut. Der Boden auf den damals riesigen landwirtschaftlichen Flächen war größtenteils ungeschützt und so waren die Bodenverluste gewaltig. Innerhalb weniger Generationen halbierten Hungersnöte, Pestepidemien, Auswanderungswellen und kriegerische Auseinandersetzungen die Bevölkerung Europas. Insgesamt fanden während der kleinen Eiszeit mehrere Abkühlungen und Erwärmungen statt. Sie dauerte bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts und hatte ihren Höhenpunkt etwa um 1640, zur Zeit des 30-jährigen Krieges.

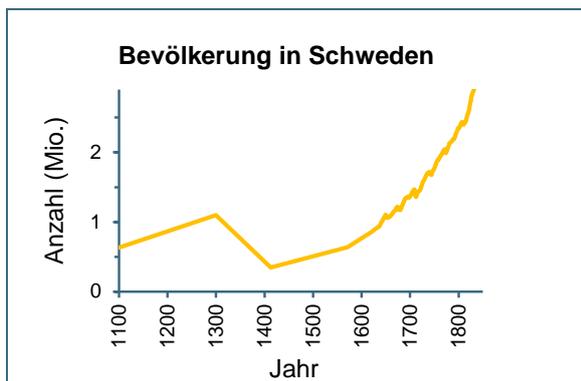


Abb. 4:
Von den katastrophalen Folgen der kleinen Eiszeit erholte sich die Bevölkerung in Nordeuropa nur langsam – unter anderem wegen technischer Fortschritte und der besseren Anpassung an die klimatischen Verhältnisse.
Daten: Edvinsson 2013

6 Entwicklung seit 1850

Im neuzeitlichen Klimaoptimum ist die mittlere Lufttemperatur weltweit seit 1850 um etwa ein Grad gestiegen. Zum Teil ist dies ein natürlicher Vorgang. Zum größeren Teil trägt jedoch der Mensch zur Klimaerwärmung bei. Verantwortlich ist vor allem die Verstärkung des Treibhauseffekts durch den hohen Ausstoß von Treibhausgasen. Treibhausgase entstehen in großen Mengen beim Verbrauch fossiler Brennstoffe und durch Änderungen der Landnutzung. Die bedeutendsten Treibhausgase sind Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Lachgas (N₂O) und Halogenkohlenwasserstoffe.

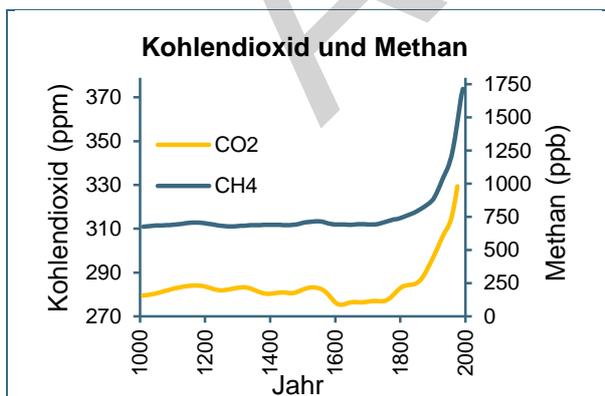


Abb. 5: Mit der Industrialisierung nahmen die Treibhausgase in der Atmosphäre stark zu.
Daten CO₂: Etheridge et al. 1998b, Methan Etheridge et al. 1998a

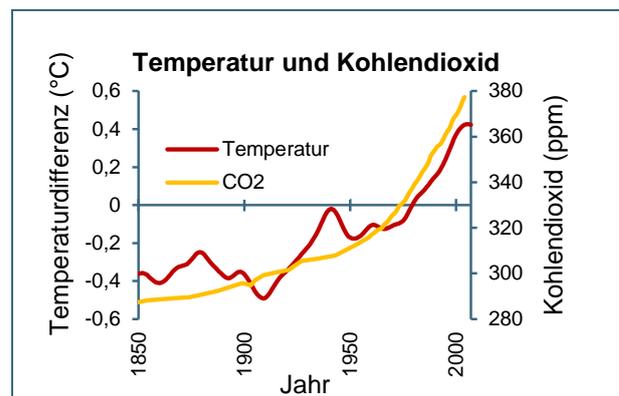


Abb. 6: Parallel zum Anstieg der Treibhausgase erwärmte sich die Atmosphäre (dargestellt als Differenz zum langjährigen Mittel 1961-1990).
Daten Temperatur: Jones 2013; CO₂: Neffell et al. 1994, Keeling et al. 2009

Neben der Erwärmung beobachten Wissenschaftler auch eine Häufung von Wirbelstürmen, Hitzewellen, Überschwemmungen und anderen Extremereignissen. Die Klimaänderungen verändern also bereits jetzt die Ökosysteme aller Kontinente. Bis 2030 prognostiziert der Weltklimarat weitere 0,4 Grad Erwärmung.

7 Fazit

Der Blick in die Vergangenheit zeigt, wie groß der Einfluss des Klimas auf den Menschen und seine gesellschaftliche und technische Entwicklung ist. Die Folgen eines Klimawandels können unerwartete Ausmaße annehmen. Wir müssen also handeln. Um negative oder unerwartete Folgen des Klimawandels zu vermeiden, ist aktiver Klimaschutz notwendig. Anpassungsmaßnahmen an die unvermeidbaren Veränderungen sind für uns Menschen notwendig.

8 Literatur und Links

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT:

(2007): [Umweltbericht Bayern 2007](#). PDF, 168 S

(2008): [Bayerns Klima im Wandel – erkennen und handeln](#). PDF, 92 S

(2008): [Klimaanpassung Bayern 2020](#). PDF, 42 S

BLÜMEL W.D. (2002): [20.000 Jahre Klimawandel und Kulturgeschichte – von der Eiszeit in die Gegenwart](#). In: Wechselwirkungen, Jahrbuch aus Lehre und Forschung der Universität Stuttgart, Referat für Presse- und Öffentlichkeitsarbeit der Universität, 2002. PDF, 18 S.

BUBENZER O., RADTKE U. (2007): Natürliche Klimaänderungen im Laufe der Erdgeschichte. In: Endlicher W., Gerstengarbe F.W.: [Der Klimawandel – Einblicke, Rückblicke und Ausblicke](#). S. 17-26

BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG (2003): [Herausforderung Klimawandel](#). PDF, 60 S.

BUNDESZENTRALE FÜR POLITISCHE BILDUNG (2016*): ► [Chronik „Umwelt, Klima und Mensch“](#)

EDVINSSON R. E. (2016*): ► [The population in Sweden within present borders 4000 BC-2004 AD](#). Stockholm University, Schweden.

ENDLICHER W., GERSTENGARBE F.W. (2007): [Der Klimawandel – Einblicke, Rückblicke und Ausblicke](#). PDF, 142 S.

ETHERIDGE D.M., STEELE L.P., FRANCEY R.J., LANGENFELDS R.L. (1998a): ► [Atmospheric CH₄ mixing ratios, from Law Dome \(Antarctica\) and Summit \(Greenland\) ice cores](#). Atmospheric methane between 1000 AD and present: Evidence of anthropogenic emissions and climatic variability. *Journal of Geophysical Research*, 103, D13, 15,979-15,993. Daten abgerufen am 23.10.2008

ETHERIDGE D.M., STEELE L.P., LANGENFELDS R.L., FRANCEY R.J., BARNOLA J.M., MORGAN V.I. (1998b*): ► [Historical CO₂ record from the Law Dome DE08, DE08-2, and DSS ice cores](#).

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2007): ► [Klimaänderung 2007](#). Vierter Sachstandsbericht des IPCC. Zusammenfassungen für politische Entscheidungsträger. PDF, 74 S.

JANSEN E., OVERPECK J., BRIFFA K.R., DUPLESSY J.-C., JOOS F., MASSON-DELMOTTE V., OLAGO D., OTTOBLIESNER B., PELTIER W.R., RAHMSTORF S., RAMESH R., RAYNAUD D., RIND D., SOLOMINA O., VILLALBA R., ZHANG D. (2007): [Palaeoclimate](#). In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. PDF, 66 S.

JONES P. (2016*) ► [Global Temperature Record](#)

KEHL H.:

(2008) ► [Klimaschwankungen im Jungpleistozän und Holozän](#). Erläuterungen zur Vorlesung TWK an der TU Berlin. Abgerufen am 23.10.2008

(2016*): ► [Kleiner Überblick zur Klimageschichte](#)

KEELING R.F., PIPER S.C., BOLLENBACHER A.F., WALKER S.J. (2009): ► [Atmospheric CO2 values \(ppmv\) derived from in situ samples collected at Mauna Loa, USA.](#)

NEFTEL A., FRIEDLI H., MOOR E., LOTSCHER H., OESCHGER H., SIEGENTHALER U., STAUFFER B. (1994): ► [Historical CO2 Record from the Siple Station Ice Core.](#)

SCHWARZBACH M. (1974): Das Klima der Vorzeit. Eine Einführung in die Paläoklimatologie, Enke Verlag, Stuttgart, 380 S.

WEGNER M. (2016*): ► www.geologieinfo.de

WUNDT, W. (1944): Die Mitwirkung der Erdbahnelemente an der Entstehung der Eiszeiten. – Geologische Rundschau 34: S. 713–747.

*Zitate von online-Angeboten vom 21.10.2016

9 Weiterführende Informationen

Publikationen aus der Reihe UmweltWissen:

- [Klimawandel – Warum ändert sich unser Klima?](#)
- [Erforschung und Vorhersage des Klimawandels](#)
- [Klimaschutz macht Schule. Materialien für den Unterricht](#)
- [Treibhausgase](#)
- [Biodiversität](#)

Ansprechpartner: ► www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/0_ansprechpartner.pdf

Weitere Publikationen zum Umweltschutz im Alltag: ► www.lfu.bayern.de/umweltwissen

Impressum:

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg

Telefon: 0821 9071-0
Telefax: 0821 9071-5556
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: <http://www.lfu.bayern.de>

Postanschrift:

Bayerisches Landesamt für Umwelt
86177 Augsburg

Bearbeitung:

Ref. 12 / Peter Miehle, Birgit Haas, Dr. Katharina Stroh, Guido Ulbrich

Bildnachweis:

Hendrick Avercamp, A Scene on the Ice, 17. Jahrhundert: Seite 1 / Bubbenzer O., Radtke U. (2007) in Endlicher W., Gerstengarbe F.W.: Abb. 1 / LfU: Abb. 3, 4, 5, 6 / Luca Galuzzi, <http://www.galuzzi.it>: Abb. 2

Stand:

Neufassung Januar 2009
Aktualisierung: November 2013
Aktualisierung der Links: Oktober 2016

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden. Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – wird um Angabe der Quelle und Übersendung eines Belegexemplars gebeten.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Broschüre wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Diese Broschüre wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 089 122220 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.