ZAMG Abteilung für Klimaforschung
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
Böhm R., Hiebl J. (2010)
klimaforschung@zamg.ac.at
www.zamg.ac.at/forschung/klimatologie

Zeitreise durch das Klima der Erde

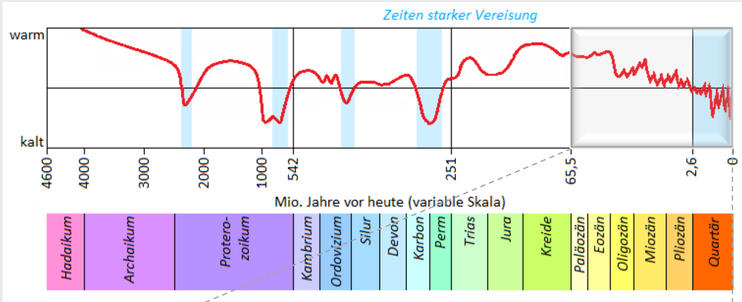
Äon | Ära | Periode | Epoche | Mio. Jahre v. h. (log.)

- Hadaikum 4600
- Archaikum 4000
- Proterozoikum 2500
- Phanerozoikum
  - Paläozoikum: Kambrium 542, Ordovizium 488, Silur 444, Devon 416, Karbon 359, Perm 299
  - Mesozoikum: Trias 251, Jura 200, Kreide 146
  - Känozoikum
    - Paläogen: Paläozän 65,5, Eozän 55,8, Oligozän 33,9
    - Neogen: Miozän 23,0, Pliozän 5,3
    - Quartär: Pleistozän 2,6, Holozän 0,012
- 0,0001

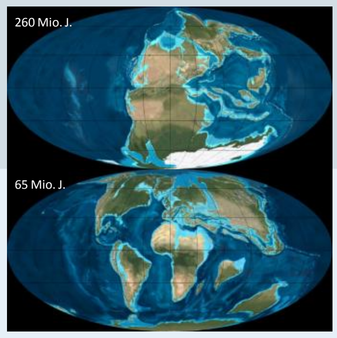
Tatsachen | Ursachen | Methoden | Lit.

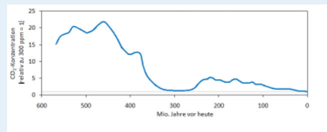
4,6 Mrd. (4.600.000.000) Jahre

Im Großteil des Phanerozoikums ist das Klima wärmer als heute und selbst die Pole sind eisfrei. Im Paläozoikum beeinträchtigen zwei Eiszeitalter die Entwicklung des Lebens. Im Mesozoikum ist das Klima stabil und warm. Insgesamt sind fünf große Eiszeitalter bekannt.



Ursachen: *Kontinentaldrift* · Orogenese · *Treibhausgase* · Eis-Albedo-Rückkopplung



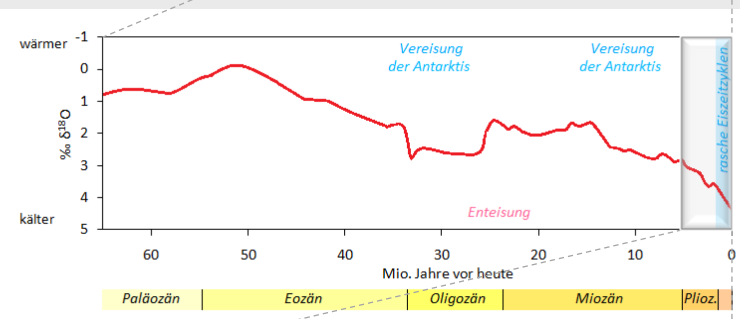


Methoden: geophysikalische Modelle · *Geologie* · Paläoklimamodelle

fossiler Korallenstock im Riffkalk der Oberrätias bei Adnet in Salzburg

65 Mio. (65.000.000) Jahre

Vom warmen Klima des Eozäns ausgehend kühlt es allmählich ab. Am Übergang zum Oligozän vereist die Antarktis abrupt. Im trockenkühlen Klima des späten Miozäns trocknet das Mittelmeer vollständig aus.



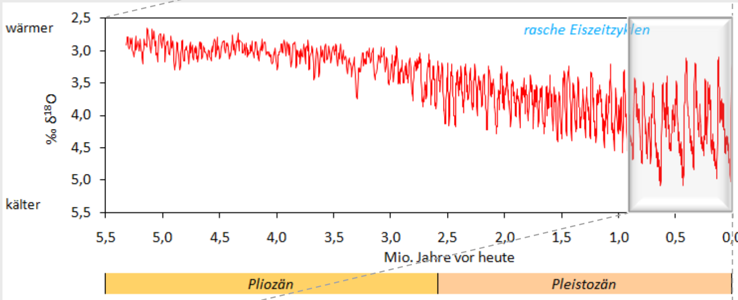
Ursachen: (siehe oben)

Methoden: *Tiefseesedimente* · Paläoklimamodelle

Kalkschalenreste von Foraminiferen in Tiefseesedimenten

5 Mio. (5.000.000) Jahre

Mit Beginn des Pleistozäns stürzt das Klima ins bis heute andauernde quartäre Eiszeitalter ab. Gleichzeitig gestaltet sich das Erdklima zunehmend variabel. Das Klima schwankt einschneidend und relativ regelmäßig. Mehr als 20 solcher Kalt- und Warmzeiten wechseln im Quartär.



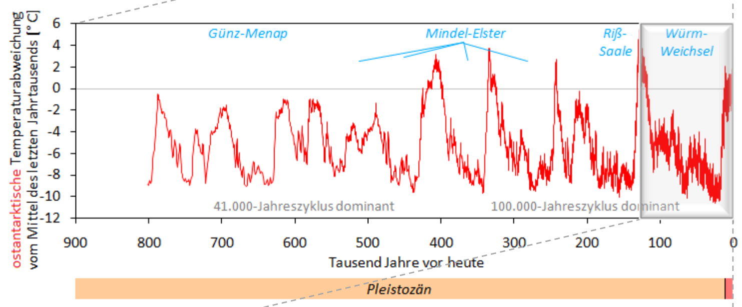
Ursachen: Erdbahnparameter · Treibhausgase · *Eis-Albedo-Rückkopplung* · Ozeanzirkulation

Methoden: Tiefseesedimente · *Seesedimente*

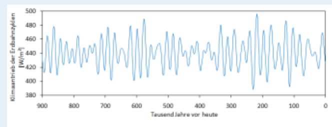
Ostrakoden, deren fossile Schalen in Seesediment vorkommen

1 Mio. (1.000.000) Jahre

In den längeren Kaltzeiten bilden sich mächtige Inlandeisschilde in Nordamerika und Eurasien. In den kürzeren Warmzeiten schmelzen sie völlig ab, die Eisschilde der Antarktis und Grönlands bleiben hingegen durchgehend bestehen.



Ursachen: *Erdbahnparameter* · Eis-Albedo-Rückkopplung · Ozeanzirkulation

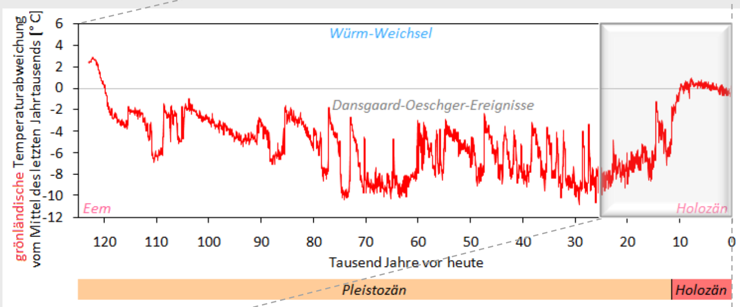


Methoden: *antarktische Eisbohrkerne* · Seesedimente · Tropfsteine

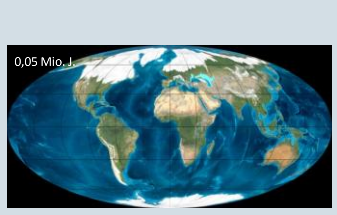
Eisbohrbeginn im antarktischen Inlandeis

125.000 (0,125 Mio.) Jahre

Innerhalb der letzten Würm-Kaltzeit herrscht unruhiges Klima mit sprunghaften Wechseln. Zum letzten Höhepunkt, vor ca. 22.000 Jahren, liegen große Teile Nordamerikas und Eurasiens unter Eisschilden, die Alpen in einem Eisstromnetz, Adria, Ärmelkanal und Beringstraße sind verlandet.



Ursachen: Erdbahnparameter · *Eis-Albedo-Rückkopplung* · Ozeanzirkulation

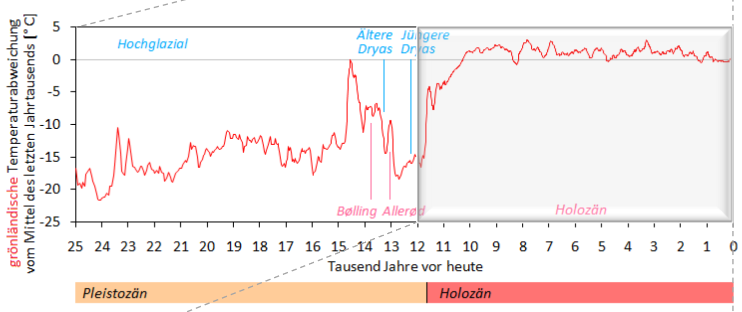


Methoden: grönländische Eisbohrkerne · Seesedimente · *Tropfsteine*

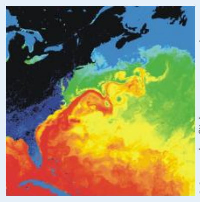
Stalagmit aus der Klaus-Cramer-Höhle in Vorarlberg

25.000 (0,025 Mio.) Jahre

Das Klima steht im Zeichen des unstetigen Übergangs von der Würm-Kaltzeit zum Holozän. Einer ersten starken Erwärmung vor 15.000 Jahren folgt ein plötzlicher Rückfall in glaziales Klima, die Jüngere Dryaszeit.



Ursachen: Erdbahnparameter · Eis-Albedo-Rückkopplung · *Ozeanzirkulation*

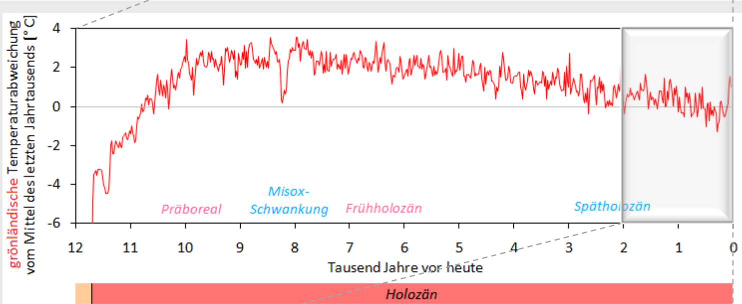

Meeresoberflächentemperatur im westlichen Nordatlantik

Methoden: grönländische Eisbohrkerne · Seesedimente · Tropfsteine

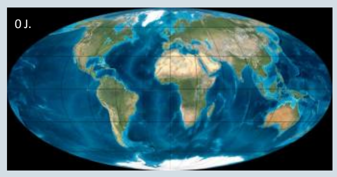
Eisbohrung am Monte Rosa in den Walliser Alpen

12.000 (0,012 Mio.) Jahre

Die aktuelle Zwischeneiszeit, eine Warmzeit innerhalb des quartären Eiszeitalters, ist ausgesprochen stabil. Im warmen Frühholozän werden die Eisschilde Nordamerikas und Eurasiens rasch abgebaut, in den Alpen sind die Gletscher kleiner als heute. Es folgt eine schwache, kontinuierliche Abkühlung.



Ursachen: *Eis-Albedo-Rückkopplung* · Ozeanzirkulation

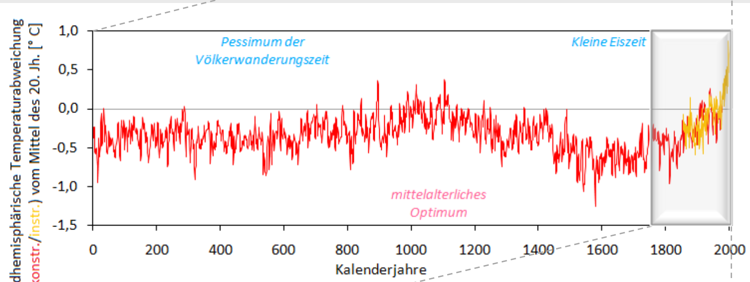


Methoden: *hochalpine Eisbohrkerne* · Seesedimente · *Baumringe* · Tropfsteine

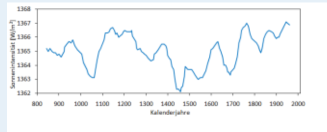
Stammscheibe aus dem 14. Jahrhundert aus Meran in Südtirol

2.000 (0,002 Mio.) Jahre

In einem deutlich kleineren Schwankungsbereich wird die kühle Völkerwanderungszeit vom milden Mittelalter abgelöst. In dem Kleine Eiszeit genannten kühlen Abschnitt wird die größte Gletscherausdehnung der letzten 8.200 Jahre erreicht. Die aktuelle Erwärmung hat das Niveau des Mittelalters bereits übertroffen.



Ursachen: *Sonnenintensität* · *vulkanische Aerosole*

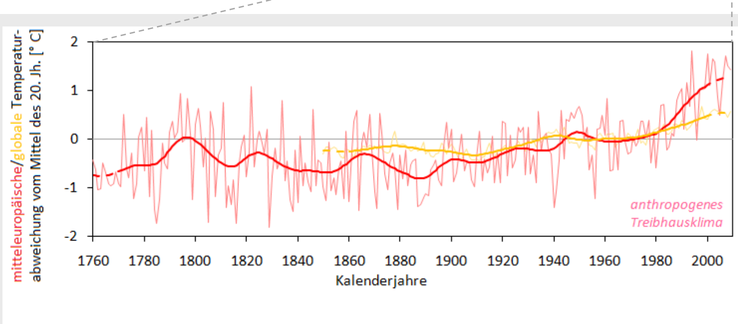


Methoden: Baumringe · Seesedimente · Tropfsteine · *historische Archive*

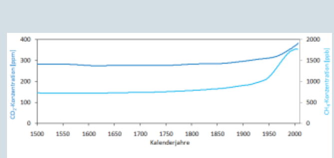
Zeichnung der zugefrorenen Themse in London 1684

250 (0,00025 Mio.) Jahre

Das 19. Jahrhundert ist von einer schwachen Abkühlung geprägt. Der Temperaturanstieg des 20. Jahrhunderts erfolgt stufenweise: Auf eine erste Erwärmung folgt eine vorübergehende Abkühlung in den 1950er- bis 1970er-Jahren. Danach setzt die starke, vom Menschen hauptverantwortete Erwärmung ein.



Ursachen: Sonnenintensität · vulkanische Aerosole · *anthropogene Treibhausgase* · anthropogene Aerosole



Methoden: *instrumentelle Messungen*

teilautomatische Wetterstation der ZAMG am Galzig in Tirol

Saltzman (2002): *Dynamical paleoclimatology. Generalized theory of global climate change*. San Diego: Harcourt | Blakey R. (2010): *Global paleogeography*. http://jan.ucc.nau.edu/~rcb7/globaltext2.html | Krenmayr H.G., Hofmann T. (Hg.) (2002): *Rocky Austria. Eine bunte Erdgeschichte von Österreich*. Wien: Geologische Bundesanstalt

Zachos J. u.a. (2001): Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. *Science* 292, 686–693 | Huber B.T. u.a. (Hg.) (2000): *Warm climates in Earth history*. Cambridge: Cambridge University Press | Hsü K.J. (1982): *Ein Schiff revolutioniert die Wissenschaft. Die Forschungsreisen der Glomar Challenger*. Hamburg: Hoffmann und Campe

Lisiecki L.E., Raymo M.E. (2005): A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic δ18O records. *Paleoceanography* 20, PA1003 | NASA (2010): *'Remarkable' drop in Arctic sea ice raises questions*. http://www.nasa.gov/vision/earth/environment/arctic_minimum.html | Gornitz V. (Hg.) (2009): *Encyclopedia of paleoclimatology and ancient environments*. New York: Springer

EPICA community members (2004): Eight glacial cycles from an Antarctic ice core. *Nature* 429, 623–628 | Berger A. (1980): The Milankovitch astronomical theory of paleoclimates. A modern review. *Vista Ast* 24/2, 103–122 | Kipfstuhl S., Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven, pers. Mitteilung

NGRIP members (2004): High-resolution record of Northern Hemisphere climate extending into the last interglacial period. *Nature* 431, 147–151 | Blakey R. (2010): *Global paleogeography*. http://jan.ucc.nau.edu/~rcb7/globaltext2.html | Boch R., Institut für Geologie und Paläontologie, Universität Innsbruck, pers. Mitteilung

Alley R.B. (2000): The Younger Dryas cold interval as viewed from central Greenland. *Quaternary Sci Rev* 19, 213–226 | NASA Jet Propulsion Lab | Ruth U., Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven, pers. Mitteilung

Vinther B.M. u.a. (2009): Holocene thinning of the Greenland ice sheet. *Nature* 461, 385–388 | Blakey R. (2010): *Global paleogeography*. http://jan.ucc.nau.edu/~rcb7/globaltext2.html | Nicolussi K., Institut für Geographie, Universität Innsbruck, pers. Mitteilung

Moberg A. u.a. (2005): Highly variable Northern Hemisphere temperatures reconstructed from low- and high-resolution proxy data. *Nature* 433, 613–617 | Brohan P. u.a. (2006): Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes. *J Geophys Res* 111, D12106 | USGS Cascades Volcano Observatory: *Mount St. Helens, Washington*. http://vulcan.wr.usgs.gov/Volcanoes/MSH/SlideSet/ljt_slideset.html | Bard E. u.a. (2000): Solar irradiance during the last 1200 years based on cosmogenic nuclides. *Tellus B* 52/3, 985–992 | Lamb H.H. (1997): *Climate, history and the modern world*. London: Routhledge

Auer I. u.a. (2007): HISTALP. Historical instrumental climatological surface time series of the greater Alpine region 1760–2003. *Int J Climatol* 27, 17–46 | Brohan P. u.a. (2006): Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes. *J Geophys Res* 111, D12106 | Crowley T.J. (2000): Causes of climate change over the past 1000 years. *Science* 289, 270–277 | ZAMG