GFZ

Helmholtz-Zentrum
POTSDAM

HELMHOLTZ-ZENTRUM POTSDAM
DEUTSCHES GEOFORSCHUNGSZENTRUM

Seeablagerungen und Baumringe

Klima unter dem Mikroskop

Das Klimasystem der Erde ist komplex und noch lange nicht vollständig verstanden. Eine Vielzahl von natürlichen Faktoren, die sich auf unterschiedlichen geologischen Zeitskalen abspielen, steuert unser Klima. Dazu gehören sehr langfristige Prozesse, die wie Gebirgsbildungen und Erdplattenverschiebungen mehrere Millionen Jahre dauern. Weniger langfristig wirken periodische Änderungen der Erdumlaufbahn um die Sonne, welche etwa alle 100 000 Jahre zu einem mehrfachen Wechsel zwischen Eiszeiten und Warmzeiten führten. In kürzeren Zyklen, bis etwa 200 Jahre, wirken sich Schwankungen der Sonnenaktivität auf das Klima aus. Seit der Industrialisierung Anfang des 19. Jahrhunderts verändert der Mensch die Zusammensetzung unserer Atmosphäre durch den Ausstoß von Treibhausgasen. Allerdings sind die natürlichen Faktoren ebenfalls weiterhin wirksam. Um den schwierigen Schritt eines Zukunftsszenarios für unser Klima zu wagen, müssen wir das Zusammenwirken aller Faktoren verstehen. Das heißt, wir müssen sehr viel weiter zurückblicken, als es uns die Aufzeichnungen von Wetterdaten ermöglichen. Deshalb hat sich das GFZ zur Aufgabe gemacht, die natürlichen Klimaarchive der Kontinente mit höchster Präzision zu untersuchen.

Entnahme von Seesedimenten mittels eines modernen Stechkernsystems

HELMHOLTZ-ZENTRUM POTSDAM
DEUTSCHES GEOFORSCHUNGSZENTRUM GFZ
Telegrafenberg · 14473 Potsdam
Telefon: +49 (0)331 288-1040
Fax: +49 (0)331 288-1044
e-mail: presse@gfz-potsdam.de

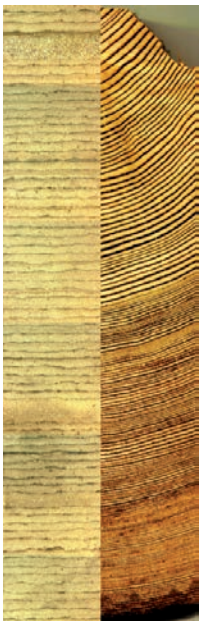
www.gfz-potsdam.de

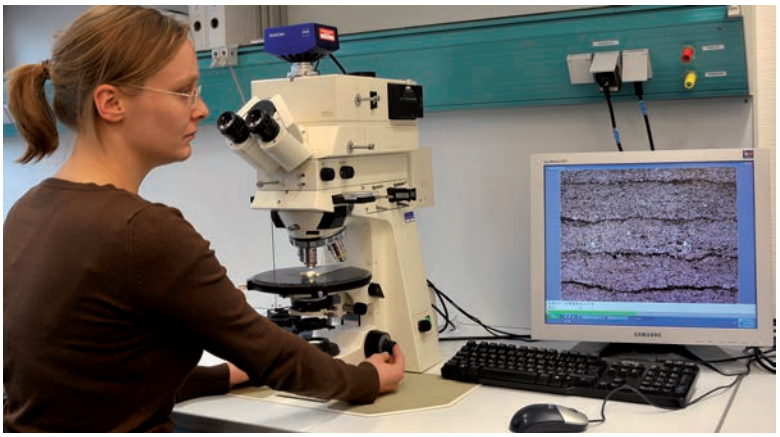
Seen und Bäume

Erst vor etwa 150 Jahren begann man meteorologische Daten aufzuzeichnen. Um das komplexe Klimasystem zu verstehen, können wir die Forschung nicht auf diesen Zeitraum beschränken. Klimaarchive wie Seesedimente und Baumringe sind natürliche Informationsquellen, mit denen wir weiter zurück in die Vergangenheit schauen können. Sie erfüllen alle notwendigen Bedingungen, um das Klima zu rekonstruieren: Sie lassen sich gut datieren und speichern detailliert die Klimaveränderung unseres Lebensraumes. Seesedimente und Bäume zeigen, unter dem Mikroskop betrachtet, eine faszinierende Welt von Holzzellen, Kleinstlebewesen und Sedimentstrukturen. Diese helfen uns, mit präzisen chemischen und physikalischen Methoden die Spuren zu deuten, die das Klima hinterlassen hat.

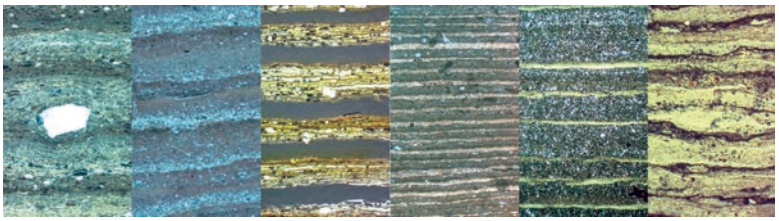
Wie speichern Seesedimente Informationen über das Klima?

Am Grund tiefer, windgeschützter Seen bleiben unter bestimmten Bedingungen feine Ablagerungen einzelner Jahreszeiten erhalten und bilden Jahreslagen, die als Warven bezeichnet werden. Je nach Seetyp und abhängig von den Klimabedingungen haben diese unterschiedliche Zusammensetzungen und Strukturen, welche die Wissenschaftler unter dem Mikroskop analysieren. Sie unternehmen so Zeitreisen, in denen sie Schicht für Schicht viele Tausend Jahre in die Vergangenheit zurück blicken können. Sie sehen warme Sommer mit starken Algenblüten, kalte Winter mit lang andauernder Eisbedeckung, aber auch die Spuren extremer Überflutungen oder Vulkanausbrüche. So lassen sich langfristige Verschiebungen der Jahreszeiten als Folge der Klimadynamik beobachten sowie periodische Veränderungen aufspüren, die den Sonnenzyklen entsprechen. Durch mikroskopisches Auszählen der Jahreslagen werden Warvenchronologien erstellt, um den Klimawandel vergangener Zeiten zu datieren.





Oben links: Jahresgeschichtete Seesedimente (Kalkwarven) und Baumringe (sibirische Lärche), Oben rechts: Entnahme eines Kerns der obersten Sedimentschichten, Mitte: Mikroskopische Analyse jahresgeschichteter Seeablagerungen

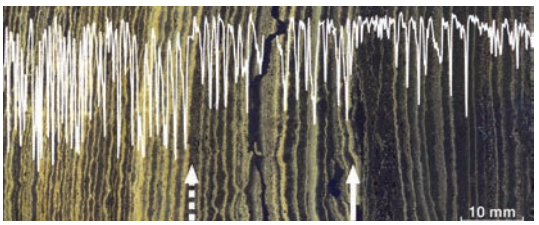


Jahreszeitlich geschichtete Seesedimente verschiedenen Alters und Struktur im Dünnschliffbild

800 Jahre alte Kiefern in den spanischen Pyrenäen (1800-1900m Höhe ü. NN)

Abrupter Klimawandel vor 12 700 Jahren

Im Meerfelder Maarsee in der Eifel sind die Warven besonders gut erhalten. So sind die Forscher in dem 180 Meter tiefen vulkanischen Krater auf eine Überraschung gestoßen, denn die Warven haben hier den wohl extremsten Klimasturz seit der letzten Eiszeit aufgezeichnet. Vor 12 700 Jahren begann eine als Jüngere Dryas bekannte, 1 100 Jahre andauernde Kaltphase. Die Warven des Maarsees zeigen, dass der Beginn dieser Zeit durch starke Winde und Stürme sowie durch eine Änderung der Hauptwindrichtung geprägt war. Völlig unerwartet ergab sich für die Forscher, dass sich diese Änderungen der atmosphärischen Zirkulation und die damit verbundene Abkühlung innerhalb nur weniger Jahre vollzogen. Dieser erste Nachweis extrem schneller Klimaänderungen in den mittleren Breiten ist für das Verständnis der Dynamik des Klimasystems von besonderer Bedeutung.

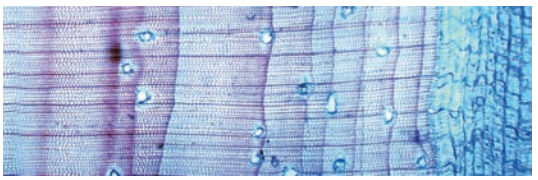


Abrupte Änderung der Sedimentation in zwei Schritten innerhalb von 13 Jahren (Pfeile) im Dünnschliffbild

Wie speichern Bäume Informationen über Atmosphäre und Boden?

Bäume nehmen Kohlendioxid aus der Atmosphäre und Wasser aus dem Boden auf, um daraus ihren Holzstamm aufzubauen. Das im Frühjahr gebildete Holz nennt sich Frühholz. Es wächst schneller, das heißt die aufgebauten Zellen sind größer und das Holz dadurch leichter. Viel Wasser und Nährstoffe können in die Baumkrone transportiert werden.

Im Sommer bildet sich durch verlangsamtes Wachstum Spätholz. Das Holz hat kleinere Zellen. Es ist dichter und dunkler. Dadurch wird zu großer Wasserverlust vermieden. Jeweils eine Schicht aus Frühholz und Spätholz bilden einen Jahrring.



Mikroskopische Aufnahme eines Dünnschnitts (50µm Dicke) von einer Kiefer (Pinus strobus). Deutlich erkennbar sind Jahrringe, große Frühholzzellen und kleine Spätholzzellen, Holzdichteschwankungen und Harzkanäle als Folgen von Trockenstress.

Zählt man die Jahrringe, so erhält man das Alter des Baumes. Untersucht man die Ringe genauer, so erfährt man mehr. Umwelt- und Klimaveränderungen beeinflussen die Dicke, Farbe, Gestalt sowie chemische und physikalische Eigenschaften der Jahrringe, womit die Holzdichte und der Anteil stabiler Isotope von Kohlenstoff-, Sauerstoff- und Wasserstoff gemeint sind. So können die Wissenschaftler an den Jahrringen messen, wie sich die Temperatur oder der Niederschlag verändert haben. Jahrringe geben sogar Informationen darüber, wie lang und intensiv Trockenzeiten vorkamen oder wie häufig sich Waldbrände ereigneten und der Baum von Insekten befallen wurde.

GFZ-Untersuchungsstandorte von Seesedimenten und Baumringen

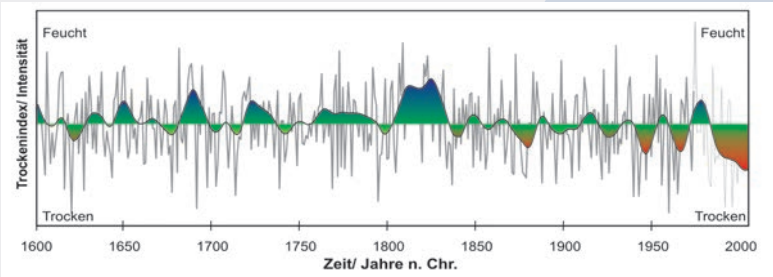
Jahrringnetzwerke: Erfassung lokaler Auswirkungen globaler Klimaänderungen

Bäume sind nahezu weltweit verbreitet. Lebende Bäume, Holz aus alten Bauwerken und Schiffen oder aus ehemaligen Fluss- und Seeablagerungen erlauben es deshalb, an zahlreichen Standorten die Klima- und Umweltveränderungen bis zu 10 000 Jahre vor unserer Zeit jahrgenau zu rekonstruieren. Untersuchungen von Geoarchiven, wie Eis- und Sediment-Ablagerungen lassen an einzelnen Standorten viele 100 000 Jahre weiter zurückblicken. Leider erlauben sie keinen direkten Vergleich mit den instrumentellen Klimamessungen der letzten 100 Jahre und können nicht flächendeckend untersucht werden.

Die moderne Fernerkundung mit Satelliten und Flugzeugen ist dagegen flächendeckend, erlaubt jedoch nur einen sehr kurzen Rückblick in die Vergangenheit des Klimas. Deshalb stellt die Jahrringforschung oder auch Dendrochronologie (griech., dendros=Baum, chronos=Zeit) ein wichtiges Bindeglied zwischen der Fernerkundung und der Geoarchivforschung dar.

Schwerpunkt Eurasien

Der Klimawandel ist immer regional. In einigen Gebieten steigt beispielsweise die Temperatur, während woanders



Rekonstruktion der Feuchteverhältnisse in den spanischen Pyrenäen seit 1600 n.Chr.. Erkennbar ist die Abnahme der Feuchte, eine Zunahme der Häufigkeit und die Intensität von Trockenperioden seit 1850 n. Chr., Grafik nach Planells et al. 2009

vielleicht der Niederschlag zurückgeht. Dadurch stellt sich die Frage, wie die einzelnen Regionen in das globale Klima eingebunden sind. So ist noch weitgehend unklar, ob die in Europa dominanten Westwind-Systeme und die asiatischen Monsun-Systeme zusammen wirken und sich gegenseitig beeinflussen, oder wie die größte Kontinentalmasse Eurasien das Klimasystem beeinflusst.

Wir gehen diesen Fragen nach, indem wir die Untersuchungen an Baumringen und an Seedaten entlang gezielter Profile über Eurasien legen und die Ergebnisse schließlich zusammenführen.

HELMHOLTZ GEMEINSCHAFT