

Baumjahrringe als Klimaarchiv

Tausendjährige Messstationen im Lebensraum des Menschen

Gerhard Helle, Ingo Heinrich & Octavi Planells
ghelle@gfz-potsdam.de

Bäume: Einzigartige Archive der Klima- und Umweltdynamik

Sie stehen viele Jahrhunderte lang festgewurzelt in der Landschaft. Mit Hilfe des Sonnenlichts nehmen sie Kohlendioxid (CO₂) aus der Atmosphäre und Wasser (H₂O) aus dem Boden auf, um daraus in kontinuierlichen Lagen (Jahrringe) ihren Holzstamm aufzubauen.

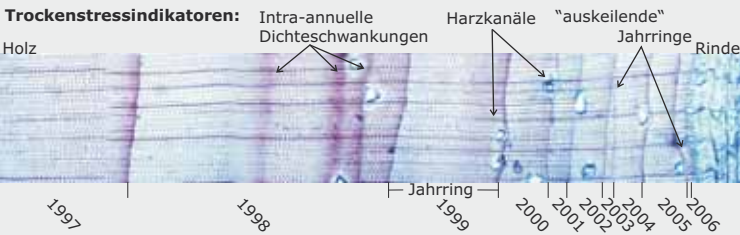
Die stets jahrgenaue Datierung und die hohe zeitliche Auflösung der Messparameter von wenigen Tagen bis zu mehreren Monaten, erlauben eine direkte Kalibrierung und Verifikation der Jahrringdaten mit gemessenen Klima- und Umweltdaten.

Auf instrumenteller Zeitachse lässt sich somit die Dynamik der vorindustriellen Vergangenheit mit den seit Beginn des 20. Jahrhunderts bis heute beobachteten Veränderungen vergleichen und bewerten.

Holzanatomische Messparameter

zur Entschlüsselung der gespeicherten Umwelt- und Klimainformationen in Jahrringen

Neben den „klassischen“ Parametern wie Jahrringbreite und Holzdicke werden heute anatomische Merkmale mit dem Mikroskop untersucht und quantitativ ausgewertet.



Mikroskopische Aufnahme des Querschnitts eines Kiefernholzstücks

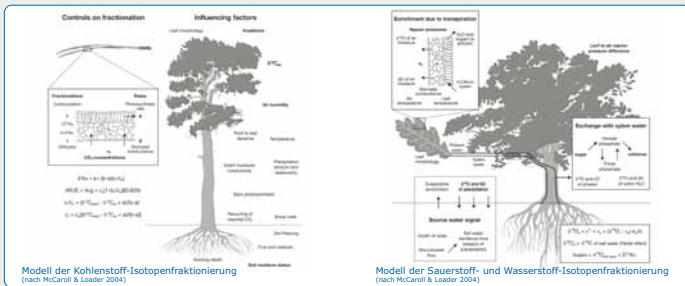
Chemisch-physikalische Messparameter

Fraktionierungsmodelle stabiler Isotope zur Aufklärung baumphysiologischer Reaktionen auf Klima- und Umweltveränderungen

Fraktionierungsmodelle stabiler Isotope von Kohlenstoff (13C/12C), Sauerstoff (18O/16O) und Wasserstoff (D/H) beschreiben die Veränderungen während der photosynthetischen Fixierung von CO₂ und Wasser und während des Einbaus in das Holz.

Die Analyse stabiler Isotope in Jahrringen ist sowohl Grundlage für eine retrospektive Forstökologie, als auch wertvolle Methode zur Klimarekonstruktion.

Jahring-Isotope sind Parameter zur Charakterisierung von atmosphärischer- und Bodenfeuchte, Lufttemperatur, Strahlung, CO₂, Transpiration, Wasserdampfdruckdefizit und Wassernutzungseffizienz (WUE) der Bäume. (WUE = Verhältnis C-Gewinn durch Photosynthese zu Wasserverlust durch Transpiration)



Modell der Kohlenstoff-Isotopenfraktionierung (nach McCarroll & Loader 2004)

Modell der Sauerstoff- und Wasserstoff-Isotopenfraktionierung (nach McCarroll & Loader 2004)

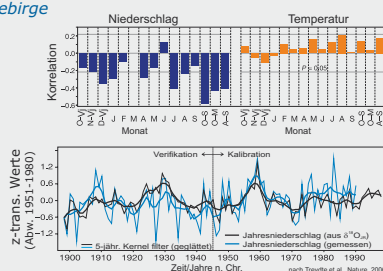
Kalibrierung und Verifikation von Jahrringparametern

Beispiel: δ¹⁸O_{tree} Wacholder, Karakorum-Gebirge

Kalibrierung durch lineare Regressionsanalyse mit regionalen Niederschlags- und Temperaturdaten.

Signifikante negative Korrelationen zwischen δ¹⁸O_{tree} und Niederschlag, keine signifikanten Beziehungen mit Temperaturdaten.

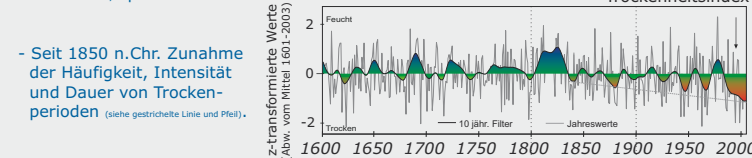
Zeitreihen des gemessenen und modellierten jährlichen Niederschlags. Der Klimadatensatz (1900-1998) wurde geteilt, um die ermittelte Transferfunktion zu verifizieren. (Aufgrund der negativen Beziehung zwischen δ¹⁸O_{tree} und Niederschlag wurden die δ¹⁸O_{tree}-Werte invertiert dargestellt).



Rekonstruktionen der Feuchteverhältnisse entlang des 40. N Breitengrades mit Hilfe stabiler Isotope in Jahrringen

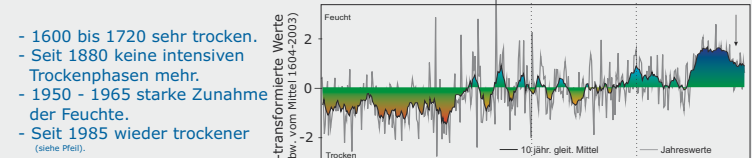


A Pedraforca, Spanien



- Seit 1850 n.Chr. Zunahme der Häufigkeit, Intensität und Dauer von Trockenperioden (siehe gestrichelte Linie und Pfeil).

B Mte. Pollino, Italien



- 1600 bis 1720 sehr trocken.

- Seit 1880 keine intensiven Trockenphasen mehr.

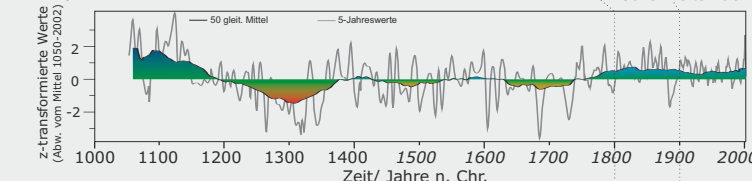
- 1950 - 1965 starke Zunahme der Feuchte.

- Seit 1985 wieder trockener (siehe Pfeil).

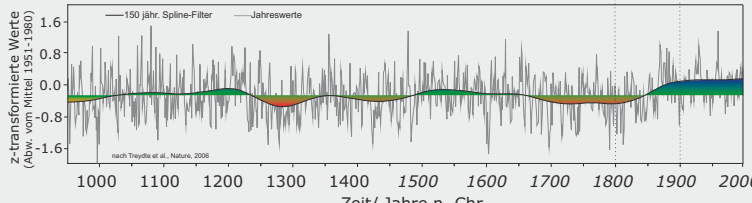
C Pirin, Bulgarien



D Antalya, Türkei



E Karakorum, Pakistan



- Türkei: feuchte Bedingungen am Ende des 10. und im 11. Jh. n.Chr., sowie im 19. und 20. Jahrhundert. 10./11. Jh. waren feuchter als 19./20. Jh..
- Pakistan: 20. Jh. war die feuchteste Periode des letzten Jahrtausends.
- Trockenperioden in beiden Regionen während des 13., des 15. und zu Beginn des 18. Jh.. Aber nicht exakt zeitgleich.

Zusammenfassung

Die Rekonstruktionen der Feuchtebedingungen lassen Gemeinsamkeiten, aber auch regionale Unterschiede erkennen.

Die globale Erwärmung des 20. Jh. heizt den Wasserkreislauf an. Dies führt in vielen Regionen der Erde zu feuchteren Bedingungen. Andere, wie z.B. Spanien sind zunehmender Trockenheit ausgesetzt.