

Mögliche Klimasignale in Jahresringen eines 1285 Jahre alten Küstenmammutbaums

Von MICHAEL W. RASSER und ROBIN HOLLER, Stuttgart

ZUSAMMENFASSUNG

Die Dauerausstellung des Staatlichen Museums für Naturkunde, Schloss Rosenstein, zeigt die Baumscheibe eines Küstenmammutbaums (*Sequoia sempervirens*) aus Humboldt County, Kalifornien, der im Jahr 1966 gefällt wurde und 1285 Baumringe aufweist. Die gemessene Dicke der einzelnen Ringe zeigt eine Abfolge mit deutlichen Dickevariationen, die als Ausdruck sich verändernder Umweltbedingungen gesehen werden können, z.B. Niederschlag und Nebel. Diese Faktoren werden vor Ort von Auftriebsströmungen (coastal upwelling) gesteuert, die von der El Nino-Southern Oscillation (ENSO) beeinflusst wird, welche wiederum von Variationen der Sonneneinstrahlung abhängt. Eine statistische Auswertung der Baumringserie gibt tatsächlich Hinweise auf Sonnenzyklen, welche indirekt das Baumwachstum beeinflusst haben dürften: Hale-Zyklus (21,9 Jahre), Gleissberg-Zyklus (88,6 Jahre) und De-Vries-Zyklus (209,8 Jahre). Diese Interpretationen müssen allerdings mit Vorsicht betrachtet werden, da sie auf den Daten einer einzigen Baumscheibe basieren. Eine definitive Abhängigkeit von Sonnenzyklen könnte nur anhand von Vergleichen mit anderen Baumscheiben aus derselben Region festgestellt werden. Leider fehlen diese aber.

Schlüsselwörter: Küstenmammutbaum, *Sequoia sempervirens*, Baumringe, Klimawechsel, ENSO

ABSTRACT

The permanent exhibition of the Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart, Schloss Rosenstein, contains the cross section of a California coast redwood tree (*Sequoia sempervirens*) from Humboldt County, California, felled in 1966. It reveals 1285 annual tree-rings. The measured thicknesses of tree-rings comprise a time series with distinct thickness variations, which are the expression of changing environmental conditions such as precipitation and fog. These factors are controlled by nearby coastal upwelling, which is again influenced by El Nino-Southern Oscillation (ENSO), and which in turn can be influenced by variations of solar radiance. In fact, the tree-ring time series comprises evidence for three orders of solar cycles that may have indirectly controlled tree growth: Hale cycle (21.9 yr), Gleissberg cycle (88.6 yr) and De Vries cycle (209.8 yr). These interpretations should, however, be treated with caution, because it is the only cross section known and the acquirement of reliable data requires cross dating of several sections.

Keywords: California coast redwood, *Sequoia sempervirens*, Tree rings, climate change, ENSO



Abb.1: Verteilungskarte des Küstenmammutbaums (in Grau; Quelle: <http://www.redwood.forestthreats.org/range.htm>). Der untersuchte Baum stammt aus der Umgebung der Big Lagoon.

EINFÜHRUNG

Der Küstenmammutbaum (Englisch: coast redwood) *Sequoia sempervirens* ist ein immergrüner Baum mit einer natürlichen Verbreitung entlang der kalifornischen Küste (Abb.1). Die größten Bäume der Welt gehören zu dieser Gruppe, mit Höhen von bis zu 115,5 m und Durchmessern von bis zu 7,9 m. Sie sind ausgesprochen langlebig und können Alter von bis zu 1800 Jahren erreichen (STAGNER 1958; KELLY u. BRAASCH 1988). Aus diesem Grund können seine Baumringe wertvolle Information über Klima und Waldbrandgeschichte liefern (SWETNAM 1993, 2002).

In der Dauerausstellung des Staatlichen Museums für Naturkunde, Schloss Rosenstein, ist eine Scheibe dieses Baumes ausgestellt. Nach Angaben aus dem Museumsarchiv stammt der Baum von der Georgia-Pacific Big Lagoon Tree Farm in Humboldt County, Kalifornien und wurde im Jahr 1966 gefällt. Im Gebiet der Big Lagoon gibt es heute mehrere Vorkommen dieses Baumes, aber der genaue ursprüngliche Standpunkt ist unbekannt. Die Baumscheibe hat einen Durchmesser von 250 cm und eine Dicke von 25 cm, bei einem Gewicht von 550 kg.

Bei der Betrachtung dieser Baumscheibe fällt ein wiederholtes Muster der Baumringe auf, welches sich lateral über die ganze Scheibe verfolgen lässt (Fig. 2 rechts oben). Um zu prüfen, ob eine deutliche Zyklizität vorhanden ist, wurden die Dicken der einzelnen Lagen vermessen and statistisch analysiert.

ERGEBNISSE

Die Dicke und Anzahl der einzelnen Baumringe wurde entlang eines Transsekts vom Zentrum bis zum Kambium gemessen. Die Baumringe erscheinen insgesamt relativ ungestört und die einzelnen Lagen können in der Regel lateral über die ganze Baumscheibe verfolgt werden. Das Auskeilen von Lagen mit einem völligen lateralen Verschwinden konnte nicht beobachtet werden. Aufgrund seiner Position in der Dauerausstellung konnte nur ein einzelner Transsekt der Baumscheibe gemessen werden. Außerdem steht nur diese eine Baumscheibe zur Verfügung.

Der Transsekt ergab 1285 Jahresringe, was ein Mindestalter von 1285 Jahren für den Baum ergibt. Nachdem der Baum im Jahr 1966 gefällt wurde, begann sein Wachstum im Jahr 681 oder früher. Die Ringdicke schwankt zwischen 0,1 und 3,8 mm (Mittelwert 0,8, Standardabweichung 0,5). Obwohl die einzelnen Baumringe gut zählbar sind, ist das absolute Alter des Baums unsicher und die Ringe können nicht direkt in Kalenderjahre umgerechnet werden. Der Grund dafür ist, dass der Küstenmammutbaum dafür bekannt ist, einzelne Baumringe zu „verlieren“, was eine Anpassung an Waldbrände sein dürfte (FRITZ 1940). Um die Darstellung zu vereinfachen, wurden in Abb.2 Kalenderjahre verwendet, aber das erwähnte Problem darf nicht außer Acht gelassen werden.

Um nun zu testen, ob und welcher Form das Wachstum des Baumes von globalen Klimaparametern beeinflusst worden sein könnte, wurde die freie palä-

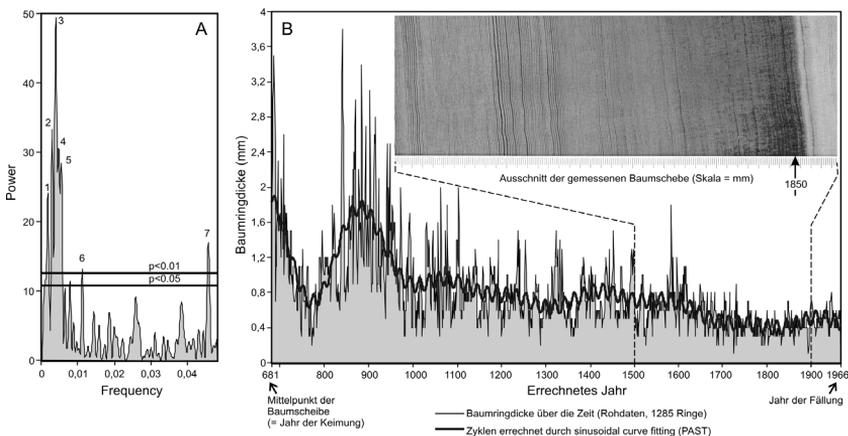


Abb. 2A: Detail des Lomb Periodograms der gemessenen Baumringdaten. Sieben Zyklen weisen eine Signifikanz von $p < 0.01$ auf (white noise). Entsprechend der Nummerierung von 1 bis 7 sind das: 541,1, 331,6, 250,7, 209,8, 180,4, 88,6 und 21,9 Jahre.

B: Gemessene Dicke der Baumringe der jeweiligen Jahre, ausgehend vom Jahr der Fällung 1966. Das Foto zeigt die Baumringe zwischen den errechneten Jahren 1500 und 1900.

ontologische Statistiksoftware PAST (HAMMER et al. 2001; HAMMER u. HARPER 2006; <http://folk.uio.no/ohammer/past>) verwendet. Als erstes wurden Runs Tests durchgeführt, um die Nullhypothese der völligen Zufälligkeit und Unabhängigkeit der Zeitserie zu testen. Das Ergebnis waren 196 Runs verglichen mit 586,1 Expected Runs und einer statistischen Signifikanz von $p < 0,0001$, was zeigt, dass die Zeitserie nicht zufällig ist. Generelle Muster kommen also in der Baumringfolge vor. Im nächsten Schritt wurde eine Spektralanalyse durchgeführt, um das Vorkommen von Periodizitäten zu testen. Dies ist eine gängig statistische Methode für die Identifikation von Klimazyklen (z.B. HAMMER u. HARPER 2006). Die folgenden sieben Zyklen zeigten eine Signifikanz von $p < 0,01$ (white noise): 541,1, 331,6, 250,7, 209,8, 180,4, 88,6 und 21,9 Jahre (Abb. 2). Der komplette Datensatz ist in Abb. 2B dargestellt, gemeinsam mit einem Sinusoidal Curve Fitting, welches die errechnete Zyklizität darstellt. Die Rohdaten dieser Studie sind auf <http://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.775849> frei für weitere Verwendungen verfügbar.

DISKUSSION

Die errechnete Wachstumskurve zeigt keine erkennbaren Übereinstimmungen mit langfristigen globalen Klimaschwankungen während der letzten 1000 Jahre. So scheinen sich Mittelalterliche Warmzeit und Kleine Eiszeit (z.B. IPCC 2007, Fig. 6.14) nicht in unseren Daten niederzuschlagen. Dies ist allerdings nicht unbedingt überraschend, da einerseits der globale Impact dieser Klimaereignisse unklar ist, vor allem aber das Wachstum von Küstenmammutbäumen stark von lokalen Faktoren wie Niederschlag und Nebel beeinflusst wird. Diese lokalen Faktoren sollten aber andererseits durchaus von regionalen und überregionalen Faktoren abhängen, wie etwa dem nahen Coastal Upwelling entlang der west-amerikanischen Küste und seiner Beziehung zur El Nino-Southern Oscillation (ENSO). Tatsächlich zeigten DAWSON et al. (2002), dass Baumringdicken deutlich mit Klima korreliert sind: Hoher Niederschlag während des Winters erhöht das Wachstum in der folgenden Wuchsperiode, während niedere lokale Küstentemperaturen und Nebel das jährliche Wachstum eher verringern.

Ein sehr deutlicher Zyklus in unseren Ergebnissen (Abb. 2) liegt bei 21,9 Jahren und es stellt sich die Frage, ob dieser mit globalen Änderungen der Sonneneinstrahlung zusammenhängt. Verschiedene Studien haben bereits Kurzzeitzyklen in Küstenmammutbäumen gefunden. So beschrieben BROWN u. WU (2005) Feuernarben, die alle 10–12 Jahre wiederkehrten, was mit von ENSO gesteuerten Trockenheiten in Zusammenhang gebracht wurde. BROWN u. BAXTER (2003) beschreiben feuerfreie Intervalle im Zeitraum von 9–20 Jahren während der letzten zwei bis vier Jahrhunderte an der Küste von Mendocino. Dies wäre auch eine einleuchtende Erklärung für die 21,8-Jahres-Zyklen der vorliegenden Studie, da *S. sempervirens* im Allgemeinen deutlich erhöhte Wachstumsimpulse nach Feuer zeigt. Zwar konnten an der bearbeiteten Baumscheibe keinerlei Feuernarben festgestellt werden, aber BROWN u. BAXTER (2003) zeigten bereits, dass diese generell schwer zu erkennen und meistens nicht entsprechend erhalten sind.

Ein weiteres Signal mit vergleichbarer Zyklizität ist die Schwankung der Sonneneinstrahlung. Sonnenflecken-Zyklen liegen gewöhnlich im Bereich von 11 Jahren (Schwabe-Zyklus: 9–12 Jahre) und hängen zusammen mit den 21,8-Jahreszyklen des magnetischen Feldes der Sonne (Hale-Zyklus). So fanden HANCOCK u. YARGER (1979) eine signifikante Korrelation zwischen den doppelten Sonnenflecken-Zyklen (ca. 21 Jahre in ihrer Studie) und Trockenzeiten im mittleren Westen der USA. Die 88,6- und 209,8-Jahreszyklen aus der Spektralanalyse ähneln ebenfalls Sonnenzyklen: dem Gleißbergzyklus mit 88 Jahren (PERISTYKH u. DAMON 2003) und dem De Vries-Zyklus mit 210 Jahren (RASPOPOV et al. 2008).

SCHLUSSFOLGERUNG

Unsere Studie präsentiert statistisch untermauerte Hinweise auf den Einfluss der Hale-(21,9 Jahre)-, Gleißberg-(88,6 Jahre)- und De-Vries-(209,8 Jahre)-Sonnenzyklen auf das Wachstum eines Küstenmammutbaums, offensichtlich unmittelbar durch den Einfluss von ENSO. Auch wenn nur ein einziger Transsekt aus diesem Gebiet vorhanden ist und weitere Daten für eine Quer-Korrelation nicht vorhanden sind – was die Relevanz unserer Ergebnisse verringert – kann diese Studie einen Hinweis liefern auf den Einfluss von Sonnenzyklen auf das Wachstum von Baumringen.

DANK

Wir danken T.W. SWETNAM (Tucson) und J.H. NEBELSICK (Tübingen) für die kritische Durchsicht einer früheren Version dieses Manuskripts. J.P. FRIEDRICH (Stuttgart), Ø. HAMMER (Oslo) und A. ROTH-NEBELSICK (Stuttgart) danken wir für eine Diskussion statistischer Methoden.

LITERATUR

- RASPOPOV, O. M., DERGACHEV, V. A., ESPER, J., KOZYREVA, O. V., FRANK, D., OGUPTSOV, M., KOLSTRÖM, T. u. X. SHAO (2008): The influence of the de Vries (~200-year) solar cycle on climate variations: Results from the Central Asian Mountains and their global link. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **259**: 6–16.
- BROWN, P. M. u. W. T. BAXTER (2003): Fire history in coast redwood forests of the Mendocino Coast, California. – *Northwest Science*, **77**: 147–158.
- BROWN, P. M. u. R. WU (2005): Climate and disturbance forcing of episodic tree recruitment in a southern ponderosa pine landscape. – *Ecology*, **86**: 3030–3038.
- DAWSON, T., JOHNSTONE, J. u. J. RODEN (2002): Reconstructing historical patterns of fog water utilization and coastal climate using tree ring isotope chronologies of *Sequoia sempervirens*: A report to Save-the-Redwoods League. Berkeley (The University of California). http://www.savetheredwoods.org/media/pdf_dawson.pdf
- FRTZ, E. (1940): Problems in dating rings of California coast redwood. – *Tree-Ring Bulletin*, **6**: 19–21.
- HAMMER, Ø., HARPER, D. A. T., u. P. D. RYAN (2001): PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. – *Palaeontologia Electronica*, **4**: 1–9. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

- HAMMER, Ø. u. D. A. T. HARPER (2006): Paleontological data analysis. Malden (Blackwell).
- HANCOCK, D. J. u. D. N. YARGER (1979): „Cross-Spectral Analysis of Sunspots and Monthly Mean Temperature and Precipitation for the Contiguous United States“. – Journal of the Atmospheric Sciences, **36**: 746–753.
- IPCC (2007): Climate Change 2007: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge (Cambridge University Press).
- KELLY, D. u. G. BRAASCH (1988): Secrets of the old growth forest. Layton (Gibbs Smith).
- PERISTYKH, A. N. u. P. E. DAMON (2003): Persistence of the Gleissberg 88-year solar cycle over the last ~12,000 years: Evidence from cosmogenic isotopes. – Journal of Geophysical Research, **108**: 1003–1018.
- STAGNER, H. R. (1958): The Giants of Sequoia and Kings Canyon. Three Rivers (Sequoia Natural History Association).
- SWETNAM, T. W. (1993): Fire history and climate change in giant sequoia groves. Science, **262**, 885–889
- SWETNAM, T. W. (2002): Fire and climate history in the Western Americas from tree rings. – Atti del XXXIX Corso di Cultura in Ecologia, **2002**: 31–36.

Adresse der Autoren:

PD Dr. MICHAEL W. RASSER und ROBIN HOLLER, Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart, Rosenstein 1, D-70191 Stuttgart.

Email: michael.rasser@smns-bw.de, robin@wxyz.de