

Scandinavian climate since the late 18th century reconstructed from shells of bivalve mollusks

Bernd R. Schöne, Elena Dunca, Harry Mutvei, Sven Baier & Jens Fiebig*

Schöne, B.R., Dunca, E., Mutvei, H., Baier, S. & Fiebig, J. (2005): Scandinavian climate since the late 18th century reconstructed from shells of bivalve mollusks. [Das Klima Skandinaviens seit dem späten 18. Jahrhundert rekonstruiert aus Muschelschalen.] – Z. dt. Ges. Geowiss., 156: 501–516, Stuttgart.

Abstract: We present a revised, more robust summer (June–August) air temperature proxy record from variations in annual shell growth rates of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (L.). Shell oxygen isotope profiles resemble the temperature range of about 7 to 8°C during the growing season and confirm the annual periodicity of shell formation. Based on similar growth patterns, 60 contemporaneous specimens (individual ages ranging from ten to 127 years) with overlapping life-spans were assembled to form a 216-year master chronology (AD 1777–1992). Age-detrended, standardized and pre-whitened annual growth rates and air temperature (river water temperature during summer closely coincides with air temperature) exhibit a significant positive correlation ($R^2 = 0.60$, $p < 0.0001$) and high running similarity confirming previous experimental findings. A linear growth-temperature model can reconstruct summer air temperature from annual shell growth increments with a precision error of better than $\pm 0.95^\circ\text{C}$ ($p < 0.05$) and verify dendrochronological reconstructions. Proxy (shells, trees) and available observational summer air temperature records from Scandinavia do not resemble the global surface temperature rise over the last 140 years. However, in Scandinavia, extremely cold summers occurred less frequently after ca. 1930 than before.

Freshwater pearl mussels provide an independent measure for temperature changes in the pre-instrumental era capable of verifying and complementing other proxy archives.

Kurzfassung: Wir stellen eine revidierte, gegenüber vorhergehenden Untersuchungen robustere Sommer- (Juni–August) -Lufttemperatur-Rekonstruktion, basierend auf der Variation jährlicher Schalenwachstumsraten der Flussperlmuschel *Margaritifera margaritifera* (L.), vor. Sauerstoffisotopen-Profile der Schalen widerspiegeln die für die Wachstumsperiode dieser Art typische Temperaturamplitude von etwa 7 bis 8°C und bestätigen damit, dass die Bildung von Schalenmaterial mit jährlicher Periodizität erfolgt. Die 216 Jahre umfassende Master-Chronologie (AD 1777–1992) basiert auf 60 Individuen mit überlappenden Lebensspannen und ähnlichen Wachstumsmustern. Individuenalter variieren zwischen 10 und 127 Jahren. Alterstrendbereinigte, standardisierte und für Autokorrelation (Lag-1)-korrigierte Jahreswachstumsinkremente sind signifikant und positiv mit der sommerlichen Lufttemperatur korreliert ($R^2 = 0,60$; $p < 0,0001$; in der Untersuchungsregion stimmen sommerliche Temperaturen von Luft und Flusswasser weitgehend überein). Außerdem verhalten sich beide Temperaturkurven stark gleichläufig. Diese Ergebnisse verifizieren frühere, experimentelle Studien. Mit Hilfe des linearen Wachstums-Temperatur-Modells kann die Sommerlufttemperatur von jährlichen Schaleninkrement-Breiten mit einer Präzision von besser als $0,95^\circ\text{C}$ ($p < 0,05$) rekonstruiert werden und damit dendrochronologische Rekonstruktionen validieren helfen. Weder die Proxy-Temperaturen (Muscheln, Bäume) noch meteorologische Daten spiegeln den Anstieg der globalen Temperaturen während der letzten 140 Jahre wider. Jedoch hat die Anzahl extrem kalter Sommer seit 1930 deutlich abgenommen.

Flussperlmuscheln können als unabhängiges Proxy-Archiv für Temperaturänderungen in prä-instrumentellen Zeiträumen fungieren und somit andere Klimarekonstruktionen verifizieren und ergänzen.

Keywords: bivalve mollusk, sclerochronology, isotopes, climate change, dendrochronology

Schlüsselworte: Bivalvia, Sclerochronologie, Isotope, Klimawandel, Dendrochronologie

* Addresses of the authors: PD Dr. Bernd R. Schöne (e-mail: b.r.schoene@em.uni-frankfurt.de), Dipl.-Geol. Sven Baier, Dr. Jens Fiebig, Bio-Increments Research Group, Institute for Geology and Paleontology, J. W. Goethe University, Senckenberganlage 32–34, D-60325 Frankfurt/Main, Germany; Dr. Elena Dunca, Prof. Dr. Harry Mutvei, Department of Palaeozoology, Museum of Natural History, Box 50007, S-10405 Stockholm, Sweden.

1. Introduction

For times and places without direct measurements, climate modelers rely on natural recorders of environmental variability. So-called proxy data are required to calibrate and validate climate models (Jones et al. 2001). Summer air temperatures, for example, play an important role in modeling the climate of terrestrial