

**Tagungsbeitrag zu:**

Jahrestagung der DBG, Kom. VII

**Titel der Tagung:**

„Böden - eine endliche Ressource“

**Veranstalter:**

DBG, September 2009, Bonn

**Berichte der DBG** (nicht begutachtete online Publikation) <http://www.dbges.de>**Akkumulation von amorphem Silizium in holozänen Seesedimenten des Herrenwieser Sees (Nordschwarzwald)***Frank Jacob<sup>1</sup>, Karl-Heinz Feger<sup>1</sup>,  
Manfred Röscher<sup>2</sup> und Thomas Klinger<sup>1</sup>***Zusammenfassung**

Datierte Seesedimente sind Geoarchive, welche klimagesteuerte biogeochemische Prozesse im Einzugsgebiet aber auch gewässerinterne Prozesse widerspiegeln. Im Rahmen des DFG-PAK 179 analysierten wir in datierten Sedimentkernen des Herrenwieser Sees (Nordschwarzwald) verschiedene Si-Fractionen und Gehalte weiterer Elemente, um daraus Aussagen über die längerfristige Elementdynamik in den Böden des Einzugsgebiets abzuleiten.

Das mit Hilfe von heißer NaOH aufschließbare amorphe („biogene“) Silizium, welches v.a. die Diatomeen-Produktion eines Sees widerspiegelt (vgl. Conley, 1998; Sauer et al., 2006), ist eng gekoppelt an die Klimaschwankungen während des Holozäns. Vor allem im feucht-warmen Atlantikum (HTM-Holocene-

Thermal-Maximum) weisen die Bioproduktion im untersuchten See und damit das Kieselalgenwachstum die höchsten Gehalte auf.

**Schlüsselworte:** Seesedimente, biogenes Silizium, Holozän, Diatomeen

**1. Einleitung**

Kieselalgen sind Hauptbestandteil des Phytoplanktons und damit die wichtigsten Primärproduzenten in einem See. Aus diesem Grund sind sie ein guter Indikator für die Bioproduktivität von Seen über dessen Entwicklungsdauer hinweg.

Für den Aufbau ihrer meist zentrischen Strukturen benötigen die Kieselalgen (Diatomeen) Orthosilizium ( $\text{Si}(\text{OH})_4$ ). Dieses gelöste Silizium ist in terrestrischen Fließ- und Standgewässern, im Gegensatz zu marinen Gewässern (Treguer et al., 1995), in ausreichender Form vorhanden. Bei Unterversorgung mit gelöstem Silizium ist neben der Hemmung des Diatomeenwachstums auch eine verminderte C-Sequestrierung zu beobachten (vgl. Sommer et. al, 2006).

Neben den Si-Gehalten der Gewässer, die durch die Zuflüsse bedingt sind, steuern v.a. Licht und andere seeinterne Faktoren (Sauerstoffgehalt, pH-Wert, Sichttiefe etc.) und die von ihnen gesteuerten Prozesse die Produktion an Diatomeen und damit biogenem Silizium (bSi).

**2. Material und Methoden**

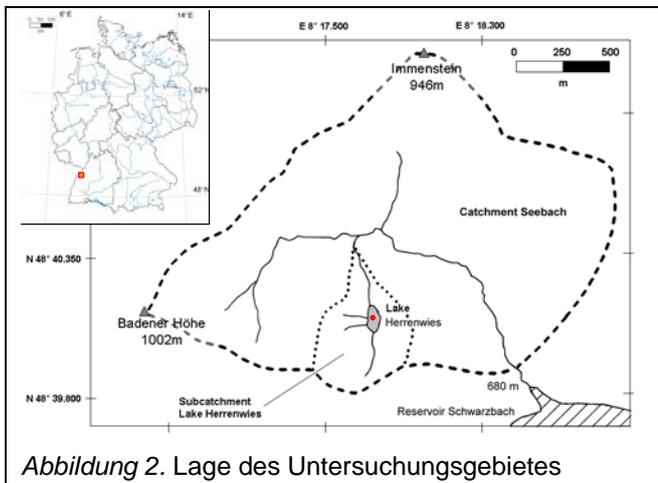
Der Herrenwieser See (832 m ü.NN) im Nordschwarzwald liegt in einem würmeiszeitlich entstandenen Kar. Der See hat ein Einzugsgebiet von 27 ha. An der tiefsten Stelle, bei 9,5 m (Abb. 2), wurde 2006 ein Langkern (HES-B: 672 cm) und 2008 ein

<sup>1</sup> Institut für Bodenkunde und Standortslehre  
Technische Universität Dresden

Piener Str. 19  
01737 Tharandt  
Tel.: 035203 / 38-31386  
Fax: 035203 / 38-31388  
E-Mail: [frank.jacob@forst.tu-dresden.de](mailto:frank.jacob@forst.tu-dresden.de)

<sup>2</sup> Landesamt für Denkmalpflege Baden-Württemberg  
Labor für Archäobotanik  
Fischersteig 9  
78344 Hemmenhofen

Kurz kern (HES-K-2: 64 cm) vom Floß aus gewonnen.



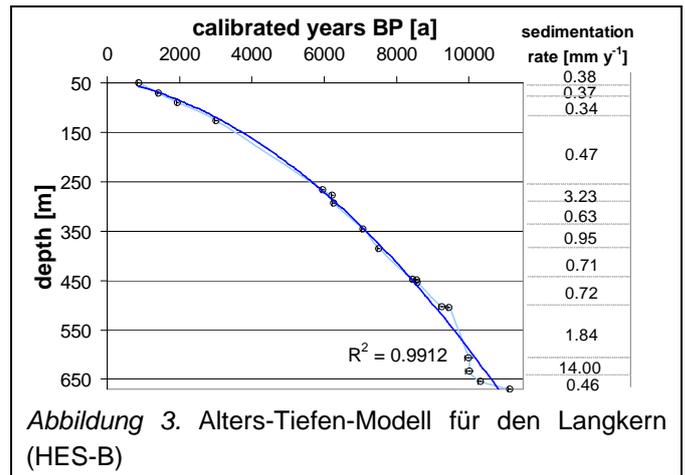
Die in 2-cm Stufen (HES-B) und 1-cm Stufen (HES-K-2) unterteilten Sedimentproben wurden gefriergetrocknet und anschließend homogenisiert. Das angewandte 3-stufige Extraktionsverfahren zur Trennung von leicht verfügbaren Anteilen, von biogenem Silizium (bSi) und den mineralischen Anteilen, orientiert sich an dem Verfahren von *Engstrom and Wright* (1984).

Die Auszählung der Proben (1-cm Stufe) für die Pollenverteilung erfolgte im Labor für Archäobotanik in Hemmenhofen (Rösch, 2009).

### 3. Ergebnisse und Diskussion

#### 3.1. Chronologie

Die <sup>14</sup>C Datierung von 18 Sedimentproben durch das Radiokarbon-Labor Dr. B. Kromer (Heidelberg) und deckt den gesamten Bereich des Holozäns ab. Die datierten (konventionellen) Alter wurden mit Hilfe der Kalibrationskurve von *Reimer et al., 2004* sowie dem Programm CALIB 5.1.0 beta (*Stuiver et al., 2009*) in kalibrierte Jahre umgerechnet (Abb. 3).

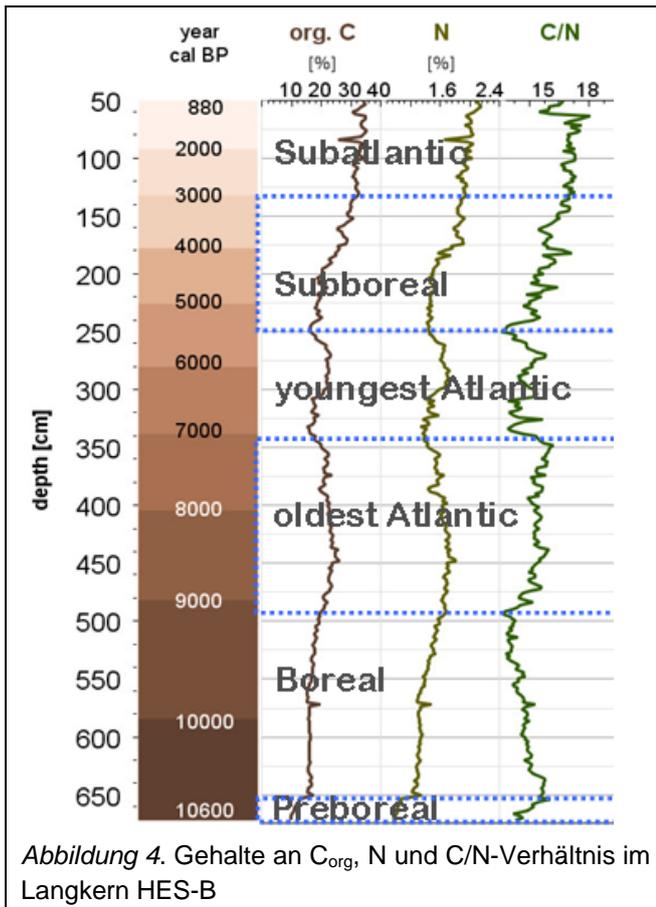


Anhand des kalibrierten Alters ist es möglich, die Sedimentationsraten (SR) zwischen den Tiefenstufen zu ermitteln. Die in den tiefsten Sedimentabschnitten hohen SR von 1.8 bis 14 mm·a<sup>-1</sup> sind v.a. auf die karge bis fehlende Vegetation zurückzuführen, wodurch bereits kleinere Niederschlagsereignisse starke Erosionsereignisse auslösen konnten.

Mit zunehmender Bedeckung des Bodens durch die aufkommende Strauch- und Baumvegetation geht die SR schließlich im Subboreal und Subatlantik (5600 a - heute cal. BP) auf 0.3 - 0.5 mm·a<sup>-1</sup> zurück (vgl. Abb. 5 Baum- und Nichtbaumpollen (NAP)).

#### 3.2. Geochemie

Die Gehalte an organischem Kohlenstoff nehmen im Verlauf des Holozäns von 10% auf 35 % zu (vgl. Abb. 4). Lediglich während des Atlantikums bleibt der Eintrag von C<sub>org</sub> relativ konstant bei rund 20%. Der Übergang vom feucht-warmen Atlantikum zum kühl-trockenen Subboreal (5600 a cal BP) ist gekennzeichnet durch einen Anstieg von C<sub>org</sub> und N sowie ein engeres C/N-Verhältnis.



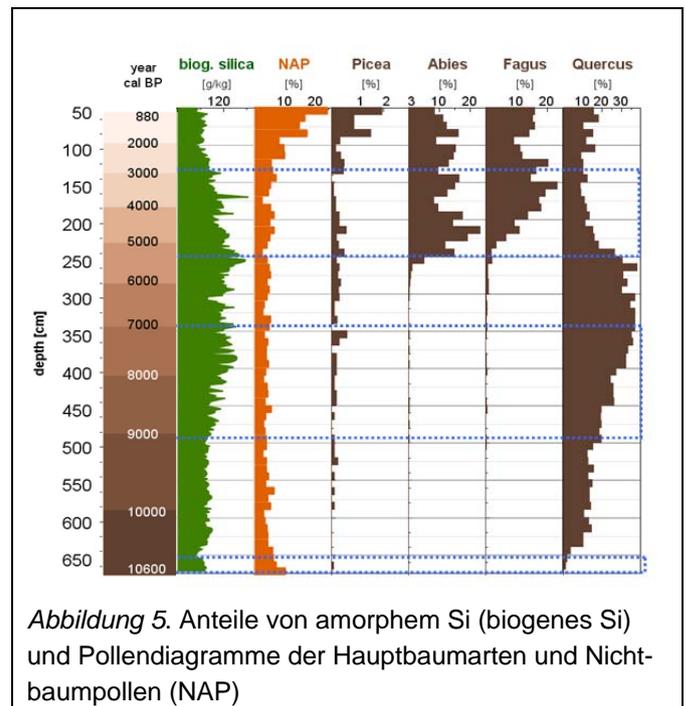
### Biogenes Silizium und Pollenverteilung

Sowohl die bSi-Gehalte als auch die Pollenverteilung über den gesamten Langkern zeigen klare Abstufungen hinsichtlich der Klimaphasen (vgl. Abb. 5).

Die höchste Bioproduktivität des Sees wird mit zwei deutlichen Peaks im jüngeren und älteren Atlantikum erreicht. Die Gehalte an bSi erreichen Werte von 16 % und liegen damit fast 4-mal so hoch wie zu Beginn des Holozäns. Der stetige Rückgang von bSi im Sediment ab 5600 a cal. BP (verringertes Diatomeenwachstum?) korreliert gut mit den niedrigeren Temperaturen im Subboreal und Subatlantikum.

Der Verlauf der Hauptbaumarten im Pollendiagramm gibt sehr gut die Klimazonen des Holozäns wieder. Das Eichen-Optimum (*Quercus*) im Atlantikum (vgl. Abb. 5) wird

durch den Temperaturrückgang im beginnenden Subboreal (5600 a cal. BP) abgelöst von Tanne (*Abies*) und Buche (*Fagus*). Die anthropogen bedingte Zunahme des Fichtenanteiles ab ~1500 a cal. BP (vgl. Zeitvogel und Feger, 1990) durch das Einsetzen der Kahlschlagswirtschaft, ist ebenso in der Zunahme der Nichtbaumpollen (NAP) durch ein vermehrtes Auftreten auf Freiflächen erkennbar.



### 4. Fazit und Perspektiven

Es konnte gezeigt werden, dass See sedimente als ideale Umweltarchive für terrestrische Biogeosysteme nicht nur die klimatischen Veränderungen im Holozän widerspiegeln, sondern auch die Vegetationsentwicklung sowie die Verwitterung von Gesteinen im Bereich des Einzugsgebietes. Die Bildung von amorphem (biogenem) Silizium wird vorrangig durch See-interne Prozesse wie Trophie und Licht kontrolliert und gesteuert.

BSi fungiert hierbei als Indikator für die biologische Produktivität eines Sees und orientiert sich sehr gut an den durch Blytt und Sernander ausgewiesenen Chronozonen. Vor allem die deutlichen bSi-Maxima während des feucht-warmen Atlantikum zeigen den höchsten Stand der Kieselalgenproduktivität.

Zum besseren Verständnis der Bodenentwicklung während des Holozäns, werden die Betrachtung der Elementverhältnisse sowie die Überprüfung gleichgerichteten Verhaltens verschiedener Elemente (multivariate Statistik) ein Bestandteil der zukünftigen Arbeit sein.

Mit Hilfe von in der bodenkundlichen Analytik etablierten Extraktionsverfahren mit Pyrophosphat und Ammoniumoxalat, können evtl. Podsolierungstendenzen (Beginn und Dauer) näher quantifiziert werden (vgl. *Ewing and Nater, 2002*).

*Wir danken der DFG für die finanzielle Unterstützung (FE 504/3-1).*

## Literatur

- Conley, D. J. (1998):** An interlaboratory comparison for the measurement of biogenic silica in sediments. *Mar Chem*, **63**, 39-48.
- Engstrom, D. R. and H. E. Wright (1984):** Chemical stratigraphy of lake sediments as a record of environmental change. In: **E. Y. Haworth and J. W. G. Lund (eds)** *Lake Sediments and environmental history: Studies in palaeolimnology and palaeoecology*. Leicester University Press.
- Ewing, H. A. and E. A. Nater (2002):** Holocene Soil Development on Till and Outwash Inferred from Lake-Sediment Geochemistry in Michigan and Wisconsin. *Quaternary Res*, **57**, 234-243.
- Reimer, P. J., M. G. L. Baillie, E. Bard, A. Bayliss, J. W. Beck, C. J. H. Bertrand, P. G. Blackwell, C. E. Buck,**
- G. S. Burr, K. B. Cutler, P. E. Damon, R. L. Edwards, R. G. Fairbanks, M. Friedrich, T. P. Guilderson, A. G. Hogg, K. A. Hughen, B. Kromer, G. McCormac, S. Manning, C. B. Ramsey, R. W. Reimer, S. Remmele, J. R. Southon, M. Stuiver, S. Talamo, F. W. Taylor, J. van der Plicht and C. E. Weyhenmeyer (2004):** IntCal04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0-26 cal kyr BP. *Radiocarbon*, **46**, 1029-1058.
- Rösch, M. (2009):** Zur vorgeschichtlichen Besiedlung und Landnutzung im nördlichen Schwarzwald aufgrund vegetationsgeschichtlicher Untersuchungen in zwei Karseen. Mitteilungen des Vereins für Forstlichen Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung Freiburg. *Im Druck*.
- Sauer, D., L. Saccone, D. J. Conley, L. Herrmann and M. Sommer (2006):** Review of methodologies for extracting plant-available and amorphous Si from soils and aquatic sediments. *Biogeochemistry*, **80**, 89-108.
- Sommer, M., D. Kaczorek, Y. Kuzyakov and J. Breuer (2006):** Silicon pools and fluxes in soils and landscapes - a review. *J Plant Nutr Soil Sc*, **169**, 582-582.
- Stuiver, M., P.J. Reimer, R. Reimer (2009):** CALIB Radiocarbon Calibration, Programmbeschreibung und -download. Online im Internet: URL: <http://calib.qub.ac.uk/calib/> (Stand: 16.07.2009).
- Treguer, P., D. M. Nelson, A. J. Vanbennekom, D. J. DeMaster, A. Leynaert and B. Queguiner (1995):** The Silica Balance in the World Ocean - a Reestimate. *Science*, **268**, 375-379.
- Zeitvogel, W. and K. H. Feger (1990):** Pollenanalytische und nutzungsgeschichtliche Untersuchungen zur Rekonstruktion des historischen Verlaufs der Boden- und Gewässerversauerung im Nordschwarzwald. *Allg Forst Jagdztg*, **161**, 136-144.