

Earth System Knowledge Platform - die Wissensplattform des Forschungsbereichs Erde und Umwelt der Helmholtz-Gemeinschaft, www.eskp.de

Klimawandel · Permafrost

SEDIMENTE ERLAUBEN EINBLICKE IN LETZTE KALTZEIT

Henning Kraudzun ¹

¹ Forschungszentrum Jülich GmbH, Projektträger Jülich

Zuerst publiziert: 21. September 2020, 7. Jahrgang

Digitaler Objektbezeichner (DOI): <https://doi.org/10.2312/eskp.039>

Teaser

Ein deutsch-russisches Forscherteam hat Sedimentkerne aus nahezu unberührten Seen in der russischen Arktis geborgen, um mehr über die Umweltbedingungen und Klimaveränderungen in der gesamten letzten Kaltzeit zu erfahren. Gefördert wird das Projekt PLOT vom Bundesforschungsministerium im Rahmen der wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit mit Russland.

Keywords

Permafrost, Dauerfrostboden, PLOT, Paläolimnologischer Transekt, Kohlendioxid, CO₂, Klimamodelle, Klimawandel, Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMBF

Riesige arktische Eisflächen im entlegenen Norden Russlands, Temperaturen von 20 bis über 30 Grad Minus, dazu oftmals stürmischer Wind - es gibt auf der Welt angenehmere Orte, um Forschungsarbeit zu betreiben. Mehrere Wochen haben Forscherinnen und Forscher unter diesen Bedingungen in Zelten und einfachen Hütten in der russischen Arktis campiert, um Probenmaterial für das [Projekt PLOT \(Paläolimnologischer Transekt\)](#) zu gewinnen.

Die Region ist deshalb von großem wissenschaftlichem Interesse, da sie gegenwärtig durch den Klimawandel eine rasante Veränderung erfährt. So lässt sich für die hohen nördlichen Breitengrade derzeit eine viel stärkere Erwärmung als andere Teile der Erde feststellen (ACIA, 2005; IPCC, 2013). Eine der sichtbarsten Folgen der Erderwärmung ist das Auftauen der Dauerfrostböden in der Region.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler gehen davon aus, dass diese verstärkte Erwärmung auf komplexe Rückkopplungsmechanismen in der Atmosphäre, im Ozean und an Land zurückzuführen ist. Diese Zusammenhänge werden bislang jedoch nur unzureichend verstanden. Um sie zu erforschen, müssen die vergangenen Klimaveränderungen auf größeren Zeitskalen betrachtet werden, als das mit meteorologischen Messungen möglich ist. Diese Erkenntnisse dienen auch dazu, mithilfe von Modellen künftige Klimaveränderungen realistischer vorauszusagen.

Bekannt ist bereits heute: Das fragile Gleichgewicht der Permafrostböden wird durch die Klimaerwärmung mehr und mehr gestört, mit messbaren Folgen: Durch das immer tiefere Auftauen der oberen Schichten sacken die Böden ab, werden zu Schlammwüsten und bilden tiefe Senken, in denen sich sogenannte Thermokarst-Seen bilden. In der Folge können viele Flächen nicht mehr landwirtschaftlich genutzt werden, Häuser drohen einzustürzen, Straßen, Bahnstrecken und Versorgungsleitungen werden beschädigt.



Abb. 1: Das PLOT-Forscherteam arbeitet auf dem zugefrorenen See Bolshoye Shuchye. (Foto: Martin Melles/Universität zu Köln)

Weitaus drastischer sind die Konsequenzen jedoch für das weltweite Klima: In den Böden sind enorme Mengen Kohlenstoff gespeichert, der aus Pflanzenresten gebildet wurde und mitunter Jahrtausende im Permafrost eingeschlossen war. Durch das zunehmende Auftauen des Untergrunds wird Kohlenstoff freigesetzt. In dem sich erwärmenden Boden erwachen auch Mikroorganismen aus einem langen Kälteschlaf. Sie bauen die vormals tiefgefrorenen organischen Verbindungen ab, wodurch die Treibhausgase Kohlendioxid sowie das weitaus klimaschädlichere Methan entstehen. Gelangen diese zusätzlichen Treibhausgase in die Atmosphäre, beschleunigt das die Klimaerwärmung und damit das Auftauen der Permafrostböden - ein fataler Kreislauf. Schätzungen nach befinden sich 50 Prozent des in Böden gespeicherten Kohlenstoffs in den Dauerfrostböden der Nordhalbkugel (Tarnocai et al., 2009).

Es gibt also aus klimapolitischer Sicht gute Gründe, die aktuellen Prozesse und ihre Veränderungen in der Vergangenheit in der russischen Arktis weiter zu erforschen. Genau hier setzt das PLOT-Projekt an, das im Jahr 2013 gestartet ist. Die während des Forschungsvorhabens durchgeführten Feldkampagnen konzentrierten sich auf sechs Seen entlang eines 6000 Kilometer langen West-Ost-Korridors im nördlichen Russland: der

Ladogasee nahe St. Petersburg, der Bolshoye-Shuchye-See im nördlichen Ausläufer des Uralgebirges, der Levinson-Lessing-See und der Taimyr-See auf der Halbinsel Taimyr, dem nördlichsten Festlandgebiet Russlands, der Emanda-See in der Region Jakutsien sowie ganz im Osten Sibiriens der Elgygytgyn-See. Einige der Seen sind von unberührten Naturlandschaften umgeben. Dadurch sind sie besonders wertvoll für geologische Untersuchungen, da die Forscherinnen und Forscher hier Bedingungen vorfinden, die sich seit vielen zehntausend Jahren weitestgehend auf natürlichem Weg vollzogen haben.

„Der logistische und zeitliche Aufwand im Projekt PLOT war enorm“, sagt Professor Martin Melles. Er ist Projektleiter von PLOT und Leiter der Arbeitsgruppe Quartärgeologie am Institut für Geologie und Mineralogie der Universität zu Köln. Aufgrund fehlender Infrastruktur wurden mithilfe von Hubschraubern, Kettenfahrzeugen und Schlitten spezielle Bohrcamps an den Seen eingerichtet und sämtliche Geräte und Verbrauchsmaterialien dorthin transportiert. Der Emanda-See beispielsweise wurde erst auf Satellitenbildern entdeckt. Er liegt in einer extrem trockenen Region mit gewaltigen Temperaturunterschieden. „Der Flug dorthin mit dem Hubschrauber dauerte von Jakutsk mehrere Stunden“, sagt Melles.

Dabei knüpft das Projekt PLOT an das erfolgreiche erste Tiefbohrvorhaben in der russischen Arktis am Elgygytgyn-See an, der sich in einem Meteoritenkrater gebildet hat. Hier konnte ein internationales Wissenschaftlerteam zwischen 2005 und 2011 bei Probenahmen bis zu 3,6 Millionen Jahre alte Sedimente gewinnen. Die Untersuchungen entlang des PLOT-Transektivs beschränken sich auf die letzten 130.000 Jahre. Sie werden aber mit einer deutlich höheren zeitlichen Auflösung durchgeführt.

In den weit voneinander entfernten Seen wurden zunächst die Sedimente mit Hilfe einer modernen seismischen Technik erkundet. Damit konnten beispielsweise im Ladoga-See Ablagerungen identifiziert werden, die von den Gletschermassen während der letzten Eiszeit nicht weggeräumt wurden, sondern am ursprünglichen Ort liegen geblieben sind. Diese Sedimente wurden mit einem neuartigen Bohrgerät erschlossen. Mit ihm konnten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler von der geschlossenen Eisdecke oder von einer schwimmenden Plattform aus bis zu 56 Meter lange Abfolgen von den Sedimentschichten am Boden der Seen erbohren.

Der große Aufwand hat sich jedoch gelohnt. Das Forscherteam konnte wertvolle Sedimentkerne gewinnen, die Klima-Archive ersten Ranges darstellen und wissenschaftliche Einblicke in die gesamte letzte Kaltzeit erlauben. Diese erdgeschichtliche Epoche setzte vor rund 115.000 Jahren ein und endete vor etwa 12.000 Jahren. Für die postglazialen Sedimente in den untersuchten Seen hat das Forscherteam sehr genaue Altersangaben errechnet. „Wir können dadurch bis auf wenige Jahre präzise

sagen, wie weit sich der Eispanzer vor- und zurückgezogen hat und auch die Temperaturschwankungen ziemlich genau rekonstruieren“, sagt Melles.

Erste Ergebnisse aus der Fülle der gewonnenen Daten wurden im März 2019 veröffentlicht (Melles et al., 2019). So lässt sich beispielsweise durch die Sedimentproben aus dem Ladoga-See, dem größten Süßwassersee Europas, die Geschichte des Wasserkörpers und die Vegetation in seinem Umfeld nach der letzten Eiszeit erstmals kontinuierlich und lückenlos rekonstruieren (Gromig, 2019; Savelieva, 2019). Darüber hinaus konnten Sedimente erbohrt und analysiert werden, die entstanden sind, als vor der letzten Eiszeit der Ladoga-See Teil einer Meeresstraße zwischen der heutigen Ostsee und dem Weißen Meer des Arktischen Ozeans war (Andreev, 2019).

Die Ergebnisse von den anderen Seen befinden sich derzeit in der Publikationsphase. Erste Veröffentlichungen sind bereits eingereicht. Von besonderer Bedeutung sind dabei die Daten aus den Seen Bolshoye-Shuchye und Levinson-Lessing, die wegen ihrer ungewöhnlich guten zeitlichen Auflösung erstmals detaillierte Erkenntnisse zu kurzfristigen Klimaereignissen in der Region liefern, die weder durch Schwankungen der Erdbahnparameter noch durch Veränderungen der Treibhausgaskonzentrationen hervorgerufen wurden, sondern durch Veränderungen der Ozeanzirkulation im Atlantik als Folge von Süßwassereinträgen. Es konnte gezeigt werden, dass diese Klimasignale während der Eiszeit nicht bis nach Sibirien reichten, weil große Gletschermassen in Skandinavien als Barriere wirkten - wie bei einer Wetterscheide.

Die Forschungsergebnisse sollen dazu beitragen, die Umweltbedingungen und das Klimasystem des nördlichen Russlands weiter zu entschlüsseln. „Gegenwärtig wissen wir noch zu wenig über die Steuerungsmechanismen in der Arktis“, erklärt Martin Melles dazu. „Wir sind aber einen guten Schritt vorangekommen, die Klimaprozesse jenseits der derzeitigen Warmzeit besser zu verstehen.“ Vor allem hinsichtlich des Transports von Klimasignalen sammelte das Forscherteam wichtige Erkenntnisse. Auch für die Zukunftsvorsorge sind diese Daten aus der Vergangenheit wichtig: Sie helfen dabei, die Klimamodelle für die Arktis zu verbessern.

Fachliche Begutachtung: Prof. Martin Melles (Universität zu Köln)

Referenzen

ACIA. (2005). *Arctic Climate Impact Assessment. ACIA Overview report*. Cambridge: Cambridge University Press.

Andreev, A., Shumilovskikh, L., Savelieva, L., Gromig, R., Fedorov, G., Ludikova, A., Wagner, B., Wennrich, V., Brill, D. & Melles, M. (2019). Environmental conditions in northwestern Russia during MIS 5 as inferred from the preglacial pollen record in Lake Ladoga. *Boreas*, 48(2), 377-386. doi:10.1111/bor.12382

Baumer, M. M., Wagner, B., Meyer, H., Leicher, N., Lenz, M., Fedorov, G. & Melles, M., (eingereicht). Climatic and environmental changes at Lake Emanda, Yana Highlands, Yakutia, over the last c. 60.000 years. *Boreas*.

Bundesministerium für Bildung und Forschung - BMBF. (o.D.). Russische Föderation Die Zusammenarbeit in Bildung und Forschung ist eine tragende Säule der deutsch-russischen Beziehungen [www.bmbf.de]. Aufgerufen am 10.09.2020.

IPCC. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (hrsg. von Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex & P.M. Midgley) [www.ipcc.ch]. Cambridge: Cambridge University Press.

Gromig, R., Wagner, B., Wennrich, V., Fedorov, G., Savelieva, L., Lebas, E., Krastel, S., Brill, D., Andreev, A., Subetto, D. & Melles, M. (2019). Deglaciation history of Lake Ladoga (northwestern Russia) based on varved sediments. *Boreas*, 48(2), 330-348. doi:10.1111/bor.12379

Lebas, E., Gromig, R., Krastel, S., Wagner, B., Fedorov, G., Görtz, C., Averages, T., Subetto, D. & Melles, M. (eingereicht). Preglacial and postglacial history of Lake Ladoga (NW Russia): new insights from high-resolution seismic reflection data. *Quaternary Science Reviews*.

Melles, M., Svendsen, J., Fedorov, G. & Wagner, B. (2019). Northern Eurasian lakes - late Quaternary glaciation and climate history - introduction. *Boreas*, 48(2), 269-272. doi:10.1111/bor.12395

PLOT - Paleolimnological Transect: climate and vegetation history from lake sediments. (2015). [Projektwebseite, www.geologie.uni-koeln.de/2045.html]. Aufgerufen am 10.09.2020.

Savelieva, L., Andreev, A., Gromig, R., Subetto, D., Fedorov, G., Wennrich, V., Wagner, B. & Melles, M. (2019). Vegetation and climate changes during the Late Glacial and Holocene inferred from the Lake Ladoga pollen record. *Boreas*, 48(2), 349-360. doi:10.1111/bor.12376

Svendsen, J., Færseth, L., Gyllencreutz, R., Haflidason, H., Henriksen, M., Hovland, M., Lohne, Ø., Mangerud, J., Nazarov, D., Regnéll, C. & Schaefer, J. (2018). Glacial and environmental changes over the last 60 000 years in the Polar Ural Mountains, Arctic Russia, inferred from a high-resolution lake record and other observations from adjacent areas. *Boreas*, 48(2), 407-431. doi:10.1111/bor.12356

Tarnocai, C., Canadell, J. G., Schuur, E. A. G., Kuhry, P., Mazhitova, G. & Zimov, S. (2009). Soil organic carbon pools in the northern circumpolar permafrost region. *Global Biogeochemical Cycles*, 23(2):GB2023. doi:10.1029/2008GB003327

Zitiervorschlag

Kraudzun, H. (2020, 21. September). Sedimente erlauben Einblicke in letzte Kaltzeit. *Earth System Knowledge Platform* [eskp.de], 7. doi:10.2312/eskp.039



Text, Fotos und Grafiken soweit nicht andere Lizenzen betroffen: eskp.de | [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

eskp.de | Earth System Knowledge Platform - die Wissensplattform des Forschungsbereichs Erde und Umwelt der Helmholtz-Gemeinschaft