

Abstract

Long-term monitoring of lakes all over the world demonstrates that their environmental conditions have changed rapidly in recent decades. A large part of these changes is assumed to be caused by anthropogenic activities, which induce global warming. This is particularly true for the Arctic, where mean annual air temperatures increase more than twice as fast as the global average temperature over the last 50 years. Global warming and human impact are recorded in the sedimentary infill of Arctic lakes and their previously pristine catchment areas. In order to distinguish between anthropogenic signals and the natural component of climate change, which is driven by long-term orbital-induced variability, short-term climatic events, and increasing greenhouse-gas concentration, the investigation of lacustrine sediment successions can provide valuable information.

This work focused on the four lakes: Trifna Sø (NE Greenland), Imandra (NW Russia), Levinson-Lessing (central N Siberia), and Emanda (E Siberia). Based on sediment core data from each of the lakes and hydro-acoustic data from the three Russian lakes, the overall objective was the reconstruction of the palaeoenvironmental and palaeoclimatic conditions in the lakes and their catchment areas. In order to unravel the lake's history, special emphasis is put on the sedimentary properties, which are determined by geophysical, biogeochemical, sedimentological, granulometrical, and micropalaeontological approaches. This includes the identification of lithological changes, the supply of allochthonous clastic material, nutrients, and organic matter as well as autochthonous mineral and organic matter formation. Furthermore, to reliably put the proxy data into a temporal framework and thus ensure conclusive reconstructions, it was essential to create robust chronologies. The detailed analyses of the four studied lakes provide insights into the evolution of the lake basins and are interpreted in the context of the local and supra-regional climate and environmental history.

The advantages and disadvantages of the technical equipment, chronological methods, and proxy data used in the individual studies are discussed. A critical review of their applicability in a broader context shall form the basis for improving future limnological studies. Conclusively, the palaeoclimatic and palaeoenvironmental results of the four studies, which form a transect between Greenland and East Russia, were considered in terms of spatial distribution and temporal response to large-scale orbital-driven climate variability and short-term climate fluctuations. The dominant influence of anthropogenic-induced signals is pointed out in detail and a future perspective for arctic lakes and their function as climate and environmental archives under consideration of a changing climate is outlined.

Kurzfassung

Permanent erhobene Messdaten von Seen lassen auf eine rapide globale Veränderung der Umweltbedingungen innerhalb der letzten Jahrzehnte schließen. Als Hauptursache hat sich die globale Erwärmung herausgestellt, die zu einem großen Teil durch anthropogene Aktivitäten verursacht wird. Dies ist insbesondere in der Arktis ersichtlich, wo die mittlere jährliche Lufttemperatur innerhalb der letzten 50 Jahre im globalen Vergleich einen mehr als doppelt so hohen Anstieg verzeichnet. Die Folgen der globalen Erwärmung und des menschengemachten Einflusses werden in den Sedimentablagerungen arktischer Seen konserviert und sind nachweislich bis in zuvor unberührte Regionen vorgedrungen. Um zwischen anthropogen verursachten Veränderungen und natürlichen Klimaschwankungen, die durch langzyklische orbitale Variabilität gesteuert und durch kurzfristige Klimaereignisse ausgelöst werden, zu unterscheiden, lassen sich aufschlussreiche Informationen aus limnischen Sedimentkernen gewinnen.

Diese Arbeit behandelt die gewonnenen Erkenntnisse der vier Seen Trifna Sø (Nordostgrönland), Imandra (Nordwestrussland), Levinson-Lessing (zentrales Nordsibirien) und Emanda (Ostsibirien). Jeder dieser Seen wurde auf der Grundlage eines Sedimentkernes untersucht. Hinzu kommen für die drei in Russland befindlichen Seen hydroakustische Daten. Diese Daten bilden das Fundament für eine Rekonstruktion der paläoökologischen und paläoklimatischen Bedingungen in den Seen und ihren Einzugsgebieten. Ein Hauptaugenmerk liegt hierbei auf den Sedimenteigenschaften, die durch geophysikalische, biogeochemische, sedimentologische, granulometrische und mikropaläontologische Ansätze qualifiziert und quantifiziert werden. Dazu gehört beispielhaft die Identifikation lithologischer Übergänge, die Bestimmung des allochthonen und klastischen Materials, sowie organischer Bestandteile. Darüber hinaus ist sowohl die Quantifizierung der Nährstoffverfügbarkeit als auch autochthon gebildeter Mineralien und organischer Partikel von Bedeutung. Um die generierten Proxies stichhaltig in einem zeitlichen Kontext zu interpretieren und eine schlüssige Rekonstruktion der Umweltveränderungen zu gewährleisten, ist die Erstellung einer robusten Chronologie für die einzelnen Sedimentabfolgen eine weitere zentrale Aufgabe dieser Arbeit. Die detaillierten Analysen der vier untersuchten Seen geben Einblicke in sich ändernde Klima- und Umweltbedingungen und werden in lokalen und überregionalen Kontext gesetzt.

In jedem der vier untersuchten Seen kamen unterschiedliche technische Ausrüstung, chronostratigraphische Ansätze und Proxydaten zum Einsatz, deren Vor- und Nachteile beleuchtet werden. Darauf aufbauend soll eine kritische Überprüfung ihrer Anwendbarkeit auf Seen und Sedimentkerne im Allgemeinen die Grundlage für eine Verbesserung zukünftiger limnologischer Studien bilden. Abschließend werden die paläoklimatischen und paläoökologischen Erkenntnisse zu den Studien hinsichtlich der räumlichen Verbreitung und zeitlichen Reaktion auf großräumige orbitale Klimavariabilität und kurzfristige Klimaschwankungen betrachtet. Ebenfalls wird der dominante Einfluss anthropogen herbeigeführter Veränderungen detailliert beleuchtet und eine Zukunftsperspektive arktischer Seen bei sich ändernden Klimabedingungen unter der Berücksichtigung ihrer Funktion als Klima- und Umweltarchiv skizziert.