

Short-term Variability of Phytoplankton Responses in Shallow Freshwater and Brackish Ecosystems

Zusammenfassung

Kurzzeitvariabilität spielt eine wichtige Rolle für die Phytoplanktondynamik in flachen aquatischen Ökosystemen, da sich biologische Prozesse innerhalb weniger Stunden durch Schwankungen der Nährstoffverfügbarkeit, des Lichts, der Temperatur und der hydrodynamischen Durchmischung verändern können. Diese Dissertation untersucht diese Variabilität in zwei unterschiedlichen Flachgewässern: dem Süßwassersystem Müggelsee (Berlin, Deutschland) und Brackgewässer Grabow (Darß-Zingster Boddenkette, Deutschland).

Zur Erfassung diurnaler Dynamik wurden während mehrerer Feldkampagnen zeitlich hochaufgelöste in-situ-Messdaten mit Probenahmen in zweistündigen Intervallen kombiniert, wobei die Photosyntheseleistung der Phytoplanktongemeinschaft mittels Puls-Amplituden-Modulations-(PAM)-Fluorometrie getrennt für die grobtaxonomischen Gruppen erfasst wurde.

Im Müggelsee war die Kurzzeitvariabilität hauptsächlich durch windinduzierte Durchmischung des Wasserkörpers, ggf. verbunden mit Sedimentresuspension, geprägt, die Phasen von Cyanobakteriendominanz und tageszeitliche Zyklen der photosynthetischen Aktivität auslösten. Physikalische Einflussfaktoren und biologische Reaktionen zeigten deutliche zeitverzögerte Zusammenhänge, wobei erhöhte Windgeschwindigkeiten häufig einer Abnahme der Chlorophyll-a Konzentration vorausgingen. Im Grabow-Becken wurde die Dynamik dagegen vor allem durch Salzgehaltsschwankungen und Wasserkörpertransport bestimmt. Hier überwog häufig die Advektion phytoplanktonreicher Wassermassen die Effekte lokaler Primärproduktion.

Nährstoffanreicherungsexperimente zeigten eine deutliche Ko-Limitierung durch Stickstoff und Phosphor im Grabow, während im Müggelsee keine signifikanten Unterschiede zwischen den Delimitationsansätzen festgestellt wurden.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Dynamik flacher aquatischer Ökosysteme wesentlich durch episodische Ereignisse und "hot moments" geprägt wird. Ein erheblicher Teil der Variabilität spielt sich im Zeithorizont von Stunden ab; diese Dynamik wird bei einer Mittelung bzw. Inkubation über längere Zeiträume verdeckt. Hochfrequente Messungen verbessern daher das Verständnis kurzfristiger Dynamiken und können langfristige Monitoringprogramme sowie Vorhersagen der Reaktionen aquatischer Ökosysteme auf Eutrophierung und Klimawandel unterstützen.

Short-term Variability of Phytoplankton Responses in Shallow Freshwater and Brackish Ecosystems

Abstract

Short-term variability plays an important role in shaping the phytoplankton dynamics in shallow aquatic ecosystems. In these environments, biological processes can shift within hours as nutrient availability, light, temperature, and hydrodynamic mixing fluctuate rapidly. This dissertation investigates the short-term variability of biological and environmental processes in two different shallow aquatic ecosystems, the freshwater Lake Müggelsee (Berlin, Germany) and the brackish Grabow basin of the Darß-Zingst Bodden Chain.

To resolve these processes and variability at the sub-daily scale, high-frequency in-situ sensor data were complemented with intensive field campaigns at a sampling interval of 2 hours in which pulse amplitude modulation (PAM) fluorometry was used to quantify the group-specific photosynthetic performance (ETR_{max}) of the phytoplankton community.

In Lake Müggelsee, short-term variability was primarily driven by wind induced mixing and resuspension from sediments, which were associated with rapid changes in phytoplankton biomass with periods of cyanobacterial dominance and diel cycles in photosynthetic activity. Time-lagged coupling existed between physical forcing and biological responses, with wind speed often leading to subsequent reductions in chlorophyll-a. Conversely, dynamics in the Grabow basin were shaped by salinity fluctuations and hydrodynamic transport suggesting that the advection of phytoplankton-rich water masses frequently outweighed local production. Nutrient enrichment bioassays further identified strong nitrogen and phosphorus co-limitation in the Grabow basin, while Müggelsee did not show any significant difference between treatments. The results obtained from this thesis therefore show that shallow water ecosystems can be described in terms of “episodic events” and “hot moments”, with large variability and change that takes place at an hourly time scales, much of which can be obscured when looking at averaged longer time scales. Such measurements improve our understanding of short-term dynamics while also strengthening long-term monitoring and predictions of ecosystem responses to eutrophication and climate change.