



## The effect of different hydrological alterations on periphyton development in riverine ecosystems

Dissertation submitted by Elisabeth Bondar-Kunze

Supervised by Thomas Hein

### Summary

Periphyton can play an important role for biogeochemical processes in riverine ecosystems and has a rapid reproduction rate and very short life cycles. This thesis focused on periphytic algae (henceforth periphyton) which can be expected, to reflect short-term impacts and sudden changes / disturbances in the environment additionally to long-term changes. There are many factors influencing the development and species composition of periphyton, including hydrology, light availability, temperature, substrate stability, pH, inorganic nutrients and other dissolved substances (e.g. contaminants). Due to large scale and long term changes of riverine networks (e.g. climate change, water infrastructure such as hydropower and navigation) the natural range and variability of these environmental factors changed and turned into stressors. Hydrology has been identified being a key factor which is driven by anthropogenic alterations and thus alter the environmental conditions for many riverine biota such as periphytic algae.

Along a river continuum (from streams to rivers) anthropogenic impacts and stressors for periphyton colonization can change or vary in magnitude (e.g. hydrodynamics). In low-order streams discharge and flow velocity are key factors besides of light and nutrient availability. Hydromorphological alterations and flow regulations due to hydropower production (e.g. hydropeaking) change the discharge and therefore the water table and flow velocity on a daily basis. Along the shore line structures of large regulated rivers hourly water level fluctuations become an additional key factor and results in desiccation stress on periphytic algae. Furthermore ship induced wave trains, which dissipate a large amount of energy, lead to a more frequent but short term disturbances lasting a few minutes.

The purpose of this thesis was to reveal the effects of changed hydrology at different temporal scales (from frequent several minutes to once a day) on the development, composition and photosynthesis of periphyton. The most important findings were that in a large regulated river (River Danube) photosynthesis efficiency after single ship-induced wave trains (disturbance on a minute base) was diminished and a frequent damping effect occurred. These wave trains caused also a maximum biomass abrasion of 60%, however no negative effect on periphytic biomass development in the impacted shore line zone was observed due to fast re-settlement and less grazing pressure. Additionally, desiccation related biomass loss was mitigated due to wave based re-wetting. Desiccation stress itself caused by hourly water table fluctuations lowered periphytic biomass 40 to 60 times and a shift towards a more diverse community was observed, compared to the permanent-

[Geben Sie Text ein]

immersed zone. Finally water level fluctuations once a day (e.g. hydropeaking) in oligotrophic streams caused a significant lower biomass development, favour diatom development and discriminate against filamentous green algae. This hydrological stress also cancelled out increased periphyton biomass growth following nutrient enrichment.

The current findings help to understand the effect of altered hydrology on a short time scale on periphytic communities. Altered hydrology is a growing concern and thus will affect more and more riverine ecosystems. Additionally other stressors are introduced in these systems (e.g. contaminants, nutrients) and the results point to the need for further multiple stressor studies to capture mitigation, antagonistic or synergistic effects to provide a new understanding for improved management approaches.

## Zusammenfassung

Periphyton spielt eine wichtige Rolle für biogeochemische Prozesse in Flussökosystemen, hat eine schnelle Reproduktionsrate und sehr kurze Lebenszyklen. Die vorliegende Dissertation konzentrierte sich auf periphytische Algen (in weiterer Folge Periphyton genannt), von denen man annehmen kann, dass sie sehr gute Indikatoren für kurzfristige und plötzliche Veränderungen / Störungen in der Umwelt darstellen. Es gibt viele Faktoren, die die Entwicklung und Artzusammensetzung von Periphyton beeinflussen; dazu zählen Hydrologie, Lichtverfügbarkeit, Temperatur, Substratstabilität, pH-Wert, anorganische Nährstoffe und andere gelöste Substanzen (z. B. toxische Substanzen wie Herbizide). Aufgrund von umfangreichen und langfristigen Veränderungen der Flusslandschaften (z. B. durch Klimawandel, wasserbauliche Maßnahmen für Wasserkraft und Schifffahrt), verändern sich die Intensität und Variabilität dieser Umweltfaktoren, und sie werden zu Stressfaktoren. Die Hydrologie ist hierbei ein Schlüsselfaktor, der durch anthropogene Einflüsse stark verändert wird, was wiederum Auswirkungen für viele Organismen, wie zum Beispiel periphytische Algen, hat.

Entlang eines Flusskontinuums (von Bächen zu Flüssen) können sich anthropogene Einflüsse und Stressoren für die Periphyton-Besiedlung verändern und an Intensität variieren. In Bächen sind neben Licht- und Nährstoffverfügbarkeit, Durchfluss und Strömungsgeschwindigkeit entscheidende Faktoren. Hydromorphologische Veränderungen und Durchflussregulierungen aufgrund von Energiegewinnung durch Wasserkraft (z.B. Schwallereignisse unterhalb eines Dammes) führen zu täglichen Schwankungen von Durchfluss, Pegel und Strömungsgeschwindigkeit. Entlang von Uferbereichen großer regulierter Flüsse werden stündliche Wasserspiegelschwankungen zu einem zusätzlichen Schlüsselfaktor und führen zur Austrocknung von periphytischen Algen. Darüber hinaus führen schiffsinduzierte Wellenereignisse, die eine große Energie freisetzen, zu einer häufigen und kurzzeitigen Störung von wenigen Minuten.

Der Zweck dieser Arbeit ist es, die Auswirkungen einer veränderten Hydrologie mit unterschiedlicher Frequenz (von regelmäßig über mehrere Minuten bis hin zu einmal am Tag) auf die Entwicklung, Zusammensetzung und Photosynthese-Leistung von Periphyton zu analysieren. Die Ergebnisse zeigen, dass in einem großen regulierten Fluss (Donau) die Photosynthese-Effizienz nach einem Wellenereignis (Störung auf Minutenbasis) verringert wurde und dadurch regelmäßig abgeschwächt wurde. Diese Wellenereignisse verursachten auch einen maximalen Biomasseabrieb von 60%, jedoch wurde keine negative Auswirkung

auf die periphytische Biomasseentwicklung in der Uferzone festgestellt. Der Grund dafür kann an einer schnellen Wiederbesiedlung und an einem geringeren Fraßdruck liegen. Zusätzlich wurde durch die Wellenereignisse (Wiederbenetzung) der Biomasseverlust aufgrund von Trockenstress abgeschwächt. Trockenstress, der durch stündliche Wasserstandsschwankungen verursacht wurde, reduzierte die periphytische Biomasse 40- bis 60-fach und, verglichen mit der permanent benetzten Zone, kam es zu einer Verschiebung zu einer diverseren Gemeinschaft. Schließlich bewirkten einmal tägliche Wasserstandsschwankungen (z. B. durch Schwallereignisse) in oligotrophen Bächen eine signifikant niedrigere Biomasseentwicklung, begünstigten die Entwicklung von Kieselalgen und verhinderten die Entwicklung von fädigen Grünalgen. Dieser hydrologische Stress war so ausgeprägt, dass auch kein erhöhtes Periphyton-Wachstum nach Nährstoffzugaben auftrat.

Die aktuellen Ergebnisse helfen, die Auswirkungen einer kurzfristig veränderten Hydrologie auf periphytische Algengemeinschaften zu verstehen. Menschliche Einflüsse werden immer öfter zu einer veränderten Hydrologie in Bächen und Flüssen führen und daher immer mehr diese Ökosysteme beeinflussen. Zusätzlich werden andere Stressoren in diese Systemen eingebracht (z. B. Verunreinigungen, Nährstoffe), und die Notwendigkeit von Studien, die mehrere Stressoren berücksichtigen, steigt. Dadurch können dann antagonistische oder synergistische Effekte erfasst werden, um ein neues Verständnis für verbesserte Managementansätze zu schaffen.