



Doctoral Thesis

Prioritization of river restoration efforts: the macroinvertebrate perspective

Author(s):

Baumgartner, Simone Désirée

Publication Date:

2014

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-010243910> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

DISS. ETH NO. 22050

PRIORITIZATION OF
RIVER RESTORATION EFFORTS:
THE MACROINVERTEBRATE PERSPECTIVE

A thesis submitted to attain the degree of
DOCTOR OF SCIENCES
(Dr. sc. ETH Zürich)

presented by
SIMONE DÉsirÉE BAUMGARTNER

M.Sc. in Biology, Ecology, University of Zurich
Born on December 25, 1984
Citizen of Simnach TG, Switzerland

Accepted on the recommendation of:
PD Dr. Christopher T. Robinson
Prof. Dr. Christoph Vorburger
Dr. Armin Peter
Prof. Dr. Peter Haase

2014

SUMMARY

Running waters carry only a minor fraction of Earth's freshwater resources, but provide many ecosystem services. Human settlements have therefore often been closely linked to running waters, exerting various pressures on them. Many streams were channelized worldwide for flood protection and to reclaim land for agriculture and urbanization. Consequently, natural hydrological regimes were severely modified, habitat heterogeneity was lost, and human land use strongly impacted water quality, resulting in biodiversity loss and endangering ecosystem function. Aquatic macroinvertebrates are especially important for the function of running water ecosystems, as different functional feeding groups metabolize energy inputs along the river continuum and they act as prey items for other invertebrates, fishes, birds, and bats across multiple ecosystem boundaries.

Attempting to ameliorate anthropogenic impacts, river restoration efforts have increased tremendously in number in the last decades. To maximize the benefits for ecological processes and biodiversity, river restoration efforts need to be prioritized. From a macroinvertebrate perspective, reaches with a high potential for (re-)colonization should be prioritized for restoration. Potential for colonization by macroinvertebrates is a function of regional colonizer source pools, dispersal, as well as abiotic and biotic habitat conditions determining the suitability for population establishment.

Firstly, dispersal of macroinvertebrates into restored reaches must be possible. Unfortunately, the dispersal abilities of macroinvertebrates and the ecological importance of different dispersal modes (active or passive, in-stream or aerial movement) for colonization are still poorly understood. Dispersal pathways and accompanied timeframes were investigated in a field experiment, which controlled colonization by passive drift and allowed distinction between active in-stream and aerial dispersal followed by oviposition. It was found that active in-stream dispersal can be very fast and play a more important role than previously suggested. It was further highlighted that a landscape perspective must be considered when implementing restoration measures in lowland streams dominated by agricultural and urban land use that constrains available species pools and dispersal pathways.

Secondly, abiotic habitat conditions must be suitable for population establishment. River restoration efforts have typically focused on improving morphological conditions,

regularly disregarding the importance of water quality. In a second field experiment, source population driven colonization of in-stream mesocosms with different abiotic habitat conditions (substrate type and nutrient amendment treatments applied in a 2x2 factorial design) was examined. In the study subcatchment harboring several sensitive macroinvertebrate taxa, coarse, heterogeneous substrate was favored, but not in the other study subcatchment where sensitive taxa were rare. It was concluded that habitat diversity is important but its significance can be affected by current anthropogenic pressures and the historical footprint inherent in human-dominated catchments, which can constrain spatial and temporal recovery processes of running waters.

Lastly, biotic habitat conditions must render population persistence possible. In the third study, it was assessed how information from macroinvertebrate survey data from eight lowland stream sites along a gradient of anthropogenic stressors can be augmented by step-wise increases in resolution – from coarse diversity indices to quantitative trophic interactions inferred from stable isotope data. Clear community compositional changes were observed as anthropogenic impact increased and taxa sensitive to water quality impairment were lost. Below the outlet of a wastewater treatment plant, human-induced changes in the availability of basal food sources were suggested to cause the exclusion of a mayfly with insufficient trophic plasticity, thereby revealing a mechanism of how anthropogenic pressures can indirectly act on biotic interactions.

Conclusions from the field studies and literature research were combined to generate prioritization guidelines for resource practitioners. The significance of nearby colonizer source populations, dispersal processes, water quality, and biotic interactions were highlighted. Furthermore, the importance of a whole catchment approach was emphasized: unnatural hydrological regimes due to flow regulations and land use can strongly impact downstream reaches, masking local habitat properties and restoration efforts.

ZUSAMMENFASSUNG

Obwohl sie nur einen verschwindend kleinen Anteil der Frischwasserressourcen der Erde bergen, versorgen uns Fließgewässer mit wichtigen Ökosystem-Dienstleistungen. Menschen siedelten deshalb oft in der Nähe von Flüssen und beeinträchtigten diese derweil nachhaltig. Weltweit wurden viele Flüsse zwecks Hochwasserschutzes und zur Urbarmachung von Landflächen kanalisiert. Entsprechend wurde deren natürliche Hydrologie stark verändert, Habitatvielfalt ging verloren und zusätzliche Beeinträchtigungen der Wasserqualität führten zu Biodiversitätsverlust und bedrohten das Funktionieren der Fließgewässer-Ökosysteme. Aquatische Makroinvertebraten sind von grosser Bedeutung für Fluss-Ökosysteme, da sie eingetragene Energieressourcen umwandeln und vermetabolisieren. Im Gegenzug sind sie selbst wichtige Beutetiere für andere Invertebraten, Fische, Vögel und Fledermäuse über mehrere Ökosystem-Grenzen hinweg.

Um anthropogenen Störungen entgegenzuwirken, hat die Zahl der Flussrevitalisierungsmassnahmen in den letzten Jahrzehnten stark zugenommen. Fundierte Priorisierungsprozesse müssen implementiert werden, um den Ertrag für ökologische Prozesse und die Biodiversität zu maximieren. Aus der Sicht von Makroinvertebraten sollten Flussabschnitte mit hohem (Re-)Kolonisierungspotenzial prioritär revitalisiert werden. Wichtige Einflussfaktoren hierbei sind das Vorhandensein regionaler Quellpopulationen, Ausbreitungsaspekte sowie abiotische und biotische Habitatbedingungen, welche die Etablierung einer Population ermöglichen.

Als ersten Kolonisierungsschritt müssen Individuen die revitalisierten Strecken erreichen können. Leider sind wichtige Aspekte wie Ausbreitungsfähigkeiten und die ökologische Relevanz verschiedener Ausbreitungsarten (aktiv oder passiv, innerhalb des Gewässers oder durch fliegende Adulte) weitgehend unbekannt. Sie wurden in einem Feldexperiment untersucht, welches den Ausschluss passiver Driften sowie die Unterscheidung zwischen Ausbreitung innerhalb des Gewässers und über Luftwege ermöglichte. Es wurde festgestellt, dass aktive Ausbreitung innerhalb des Gewässers sehr schnell erfolgen kann und womöglich eine grössere ökologische Bedeutung trägt als bisher angenommen. Ausserdem muss die Landschaft und deren Nutzung miteinbezogen werden, da sie einen grossen Einfluss auf das Vorhandensein von Quellpopulationen und mögliche Ausbreitungswege hat.

Als Nächstes müssen die abiotischen Habitatbedingungen eine Etablierung ermöglichen. Revitalisierungsprojekte fokussieren typischerweise auf die Gewässer-morphologie und vernachlässigen oft die Wichtigkeit der Wasserqualität. In einem zweiten Feldexperiment wurden die relativen Einflüsse physikalischer und wasserchemischer Aspekte unter Miteinbezug verschiedener Quellpopulationen untersucht. Mesokosmen mit grobem, heterogenem Substrat wurden in jenem Gebiet bevorzugt besiedelt, das eine Makroinvertebratengemeinschaft mit vielen sensitiven Arten beherbergt, jedoch nicht im zweiten Gebiet, in dem kaum sensitive Arten zu finden sind. Habitatvielfalt ist also ein wichtiger Aspekt, jedoch beeinflussen gegenwärtige und vergangene anthropogene Beeinträchtigungen die Zusammensetzung von Quellenpopulationen und somit auch räumliche und zeitliche Erholungsprozesse.

Schliesslich müssen die biologischen Interaktionen das Fortbestehen der Populationen ermöglichen. In der dritten Studie wurde untersucht, wie das Wissen aus Biomonitoringdaten von acht Standorten entlang eines Gradienten mit zunehmender anthropogener Beeinträchtigung durch Miteinbezug von Nahrungsnetzinteraktionen (abgeleitet aus der Analyse stabiler Isotopen) erweitert werden kann. Die Zusammensetzung der Makroinvertebratengesellschaft änderte sich klar mit zunehmender Beeinträchtigung, als wasserqualitätssensitive Arten verloren gingen. Veränderungen im Nahrungsressourcen-vorkommen und deren Konsum durch Makroinvertebraten unterhalb des Einlasses einer Abwasserreinigungsanlage wiesen darauf hin, dass eine Eintagsfliegenart aufgrund ihrer mangelnden Anpassungsfähigkeit ausgeschlossen wurde. Es konnte somit aufgezeigt werden, wie menschliche Einflüsse indirekt auf biotische Interaktionen wirken können.

Schlussfolgerungen aus den Feldstudien und der Literatur wurden kombiniert, um Richtlinien für ein Priorisierungsvorgehen für die Praxis abzuleiten. Die Bedeutung von naheliegenden Quellpopulationen, Ausbreitungsprozessen, Wasserqualität und biologischen Interaktionen wurden dabei betont. Ausserdem wurde die Wichtigkeit eines Einzugsgebiets-ansatzes nachdrücklich dargestellt, denn unnatürliche Hydrodynamik aufgrund von Abflussregulierungen und Landnutzung können flussabwärts liegende Strecken nachhaltig beeinflussen und somit lokale Habitataspekte und Revitalisierungsbemühungen verschleiern.