



Dissertation

A CONTRIBUTION TO THE HYDROMORPHOLOGICAL ASSESSMENT OF RUNNING WATERS BASED ON HABITAT DYNAMICS

M.Sc. Roberto Yesid Tatis Muvdi, Biologist
geb. am 06.09.1982 in Cartagena, Colombia

Referee:
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Stamm

Second referee:
PD. Dr. Jochen Koop

Submitted on 01.11.2015

ABSTRACT

A methodological framework is proposed for examining hydromorphological quality using habitat dynamics indicators. The goal of the framework is to provide a judgment of hydromorphology that is as ecologically based and objective as possible. To achieve this, relevant concepts in different areas of ecology are combined with the potential of hydrodynamic numerical models for ecological analysis in order to derive the basic elements of the methodological framework.

Three elements were derived. The first attempts to situate hydromorphology, as derived from the EU Water Framework Directive (WFD), in the conceptual scaffolding of current lotic ecology. The **hydromorphological template** is proposed as a subset of the 'physical habitat template' of lotic ecosystems (Poff and Ward 1990, Southwood 1977), which allows viewing hydromorphology not just as a snapshot description of structural features, but rather as the prevailing regime of spatiotemporal variability in substrate and hydrodynamics, and at scales that are relevant to the organisms targeted by assessment and/or restoration under the WFD. At the same time, hydromorphology's influence is understood as part of a larger network of direct and indirect effects, of which only the direct influence of habitable space, i.e., areas of suitable substrate and hydrodynamics, can be considered in the context of hydromorphological quality analysis.

The second element deals with the scales of analysis and variables used to describe the hydromorphological template. The idea of 'ecological neighborhoods' (Addicott et al. 1987) is used to determine the adequate extent and resolution of analysis, which forces spatial and temporal considerations to follow what is known about the basic biology of the target species. The derivation of the analysis variables follows the 'patch dynamics view' of lotic ecosystems (Pringle et al. 1988, Townsend 1989), which, in line with the physical habitat template concept (Poff and Ward 1990) and habitat template theory (Southwood 1977), emphasizes the dynamic nature of running water environments and the importance of spatiotemporal variability in resources as a central aspect of habitat-biota relationships.

The third and last element of the framework provides a basis for interpreting the values of the patch dynamics indicators derived in the previous step. The guiding principle for such interpretation is the idea that the 'time course of habitat availability and persistence relative to specific life cycle requirements' (Poff and Ward 1990) is fundamental to the survival chances of lotic populations at a site.

The framework also recognizes that, since macrozoobenthos is influenced by a series of factor groups (Schuwirth 2012), only one of which involves hydromorphology, no predictions can be made about the abundance, biomass or occurrence of the target species in the study reach. Hence, the goal of the approach is rather to provide a judgment based on the **potential limiting effects** of the spatial and temporal unavailability of habitable space.

A first test application of the methodological framework with available abiotic and macrozoobenthos data is presented in chapter 8. Here, the limitation on sensitive taxa imposed by the scarcity of mechanically suitable space instream is explored. With the available data (tolerance ranges, biological sampling data), this limitation was found to be at very low values of habitable space availability (**hsAv**). However, despite the uncertainty in existing data on bottom shear stress tolerance ranges, ecologically meaningful relationships could be found between the proposed habitat dynamics indicators and macrozoobenthos species of varying degrees of tolerance to habitat scarcity.

An initial proposal for the technical implementation of the above analysis scheme is presented at the end of the thesis in the form of R scripts.

KURZFASSUNG

In dieser Dissertation wird ein methodologischer Rahmen zur Untersuchung der auf das Makrozoobenthos bezogenen hydromorphologischen Qualität von Fließgewässern anhand von Habitatdynamik-Indikatoren vorgeschlagen. Ziel dieses methodologischen Rahmens ist es, eine möglichst objektive und ökologisch fundierte Bewertung der hydromorphologischen Situation zu liefern, wofür relevante Konzepte aus verschiedenen Bereichen der Ökologie mit geeigneten hydrodynamisch-numerischen Modellierungsmethoden kombiniert werden.

Das so abgeleitete methodologische Konzept besteht insgesamt aus drei Elementen. Der 1. Teil befasst sich mit der Positionierung des auf der Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates (sog. EG-Wasserrahmenrichtlinie) beruhenden Begriffs „Hydromorphologie“ in der konzeptuellen Struktur der modernen Gewässerökologie. Hierbei wird Hydromorphologie als Teil des „Physical Habitat Template“ von Fließgewässern betrachtet. Dies ermöglicht es, Hydromorphologie nicht als die vorliegende strukturelle Konfiguration eines Gewässers zu einem bestimmten Zeitpunkt, sondern als das vorherrschende raumzeitliche Variabilitätsregime zu beschreiben bzw. zu untersuchen

Im 2. Element werden die Variablen und Skalen (räumliche und zeitliche Auflösung sowie Ausdehnung) erarbeitet, die für die Untersuchung des o. g. Variabilitätsrahmens mit Bezug auf das Makrozoobenthos nötig sind. Als zentrale Habitatvariable für die dynamische Beschreibung der Hydromorphologie wird der aquatische besiedelbare Raum identifiziert, welcher als Funktion der Verfügbarkeit an geeigneten Verhältnissen von Fließgeschwindigkeit, Wassertiefe und Sohlsubstrat definiert wird. Die Habitateignung wird in dieser Dissertation, wie in der klassischen Habitatmodellierung auch, anhand von Toleranzintervallen beschrieben, die auf dem bestehenden Basiswissen über die Zielorganismen beruhen. Basierend auf dem „Patch Dynamics View“ von Fließgewässern werden anschließend verschiedene Habitatdynamik-Indikatoren vorgeschlagen, die aus den Ergebnissen von zweidimensionalen hydrodynamisch-numerischen Simulationen in einer geeigneten Softwareumgebung (z. B. die statistische Sprache „R“) berechnet werden können.

Das 3. Element liefert die Auswertebasis für die o. g. Dynamikindikatoren. Das Leitprinzip dieser Auswertung ist durch den Gedanken geprägt, dass der zeitliche Ablauf der Habitatverfügbarkeit, bezogen auf die spezifischen Ansprüche der Zielarten, fundamental für die Überlebenschancen der Zielpopulationen in der untersuchten Flussstrecke ist.

Daran anschließend werden die Ergebnisse eines vorläufigen „Proof-of-Conceptes“ zur vorgeschlagenen Methodik zusammengefasst. Anhand vorhandener abiotischen und Makrozoobenthosdaten zur Lahn (in Hessen) konnte die aus der konzeptuellen Basis abgeleitete Verbindung zwischen den erarbeiteten Habitatdynamik-Indikatoren und der Makrozoobenthos-Besiedlung bestätigt werden. Taxa mit höherer Resistenz gegenüber Habitatverlusten erreichten höhere mittlere Populationsdichten als sensiblere Arten, welche bei geringer raumzeitlicher Habitatverfügbarkeit limitiert waren. Mit den erzielten Ergebnissen lässt behaupten, dass die vorgeschlagene Habitatmodellierungsstrategie nicht nur eine konzeptuelle, sondern auch eine beweisbare ökologische Basis besitzt.

Ein erster Vorschlag zur technischen Implementierung der entwickelten Methode in der open-source Programmiersprache R ist abschließend in der Dissertation enthalten.