

Diss.ETH No. 15496

**River Restoration:
Potential and limitations to re-establish riparian landscapes**

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH
for the degree of
DOCTOR OF SCIENCES

Presented by

Sigrun ROHDE

Dipl. Ing. Landschafts- u. Freiraumplanung, University of Hanover (Germany)

born 21st April, 1972

from Germany

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Klaus C. Ewald, examiner
PD Dr. Felix Kienast, co-examiner
Ass. Prof. Dr. Peter Englmaier, co-examiner

2004

Summary

This study presents methods and indicators for the evaluation of restoration measures (river widening) along rivers (papers 1 and 2) and shows the results obtained from several case studies on Swiss rivers. This study also introduces an integrated search strategy for identifying promising areas (judged according to both ecological and socio-economic criteria) as a guide for future restoration planning (paper 3). The evaluation is based on a comparison between (i) river widenings, (ii) canalized rivers (regulated reference) and (iii) near-natural stretches (near-natural reference).

The findings about methods and indicators to evaluate restoration success can be summarized as follows:

Indicators

- Landscape metrics allow the restored landscape configuration and composition to be quantified. They are surrogates for landscape function and thus valuable indicators for assessing the potential of re-establishing riparian biocoenosis. The proposed core set of landscape metrics includes: Mean Shape Index, Median Patch Size, Mean Nearest Neighbour, Mean Proximity Index, Interspersion and Juxtaposition Indx, Edge Density, % Area, Patch Richness (paper 1).
- The degree of dependency of the plants found at a restored site on riparian habitats indicates the naturalness achieved by the restoration measures. A list of riparian (semi-) terrestrial plants is presented to guide future assessment procedures (Appendix).

Stencil technique

The application of landscape metrics is limited when comparing landscapes that differ in size (river widening, near-natural reference). Therefore the GIS-based “stencil technique”, which can handle this problem was developed. It is described in detail in paper 1.

Computing of similarity indices

- Computing similarity indices allows quantifying the degree of naturalness achieved through restoration measures and thus a quick and clear rating of the performance of restoration projects.
- The degree of naturalness at the landscape level can be obtained computing the City Block Distance (= Manhattan Metric) between the landscape metric values of the river widening and its corresponding references (paper 1).
- Fuzzy ordination (multivariate statistics) revealed to be a useful method for computing and visualization of similarities between plant assemblages of the river widening and its corresponding references (paper 2).

The case studies (papers 1 and 2) revealed that:

- River widenings promote the re-establishment of pioneer habitats, mainly gravel bars and softwoods.
- River widenings increase habitat diversity. However, habitat diversity is lower than in corresponding near-natural reference sites due to the limited spatial extent of the widenings.
- River widenings show a more complex habitat mosaic than near-natural sites.

-
- River widenings provide habitats for riparian plant species, for example, *Phalaris arundinacea* and *Epilobium fleischeri*.
 - Restoration success depends mainly on the spatial extent of the widening, distance to near-natural species pools and bed-load transport.

The identification of promising river reaches for restoration was based on a hierarchical filter process of spatially explicit information (multi criteria decision making (MCDM)-GIS analysis) (paper 3). The selection integrates ecological as well as socio-economic criteria and indicators to capture both ecological key processes (e.g. hydrology, bed-load transport, connectivity, etc.) and socio-economic aspects (e.g. flood protection, recreation functions, public attitude, etc.). The Ecological Restoration Suitability Index (ERSI) combines the ecological suitability factors in a single index. Weights and suitability functions for the MCDM-GIS analysis were obtained through expert interviews (modified Delphi process).

The results show, that (paper 3):

- Most of the catchments in Switzerland are ecologically very suitable for restoration. They are mainly located in the Swiss plateau because restoration suitability of Alpine rivers is limited due to hydropower production.
- The acceptance of future restoration projects by the public can be estimated on the basis of public votes, which serve as surrogate for the public attitude towards environmental policies.

In a nutshell, widening rivers is an appropriate measure for promoting riparian biocoenosis and there are many river reaches in Switzerland where such restoration measures would be worthwhile.

Zusammenfassung

Inhalt dieser Arbeit ist eine Wirkungskontrolle bisher durchgeführter Revitalisierungsmassnahmen (Gerinneaufweitungen) an ausgewählten Schweizer Fließgewässern (paper 1 und 2) und die Lokalisierung von Vorranggebieten für zukünftige Revitalisierungsmassnahmen (paper 3).

Die Wirkungskontrolle basiert auf einer vergleichenden Untersuchung zwischen (i) Gerinneaufweitungen, (ii) kanalisierten Strecken (regulierte Referenz = Nullzustand) und (iii) naturnahen Abschnitten (naturnahe Referenz = Zielzustand), welche die Beurteilung der durch die Revitalisierung erreichten Naturnähe ermöglichen soll.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden folgende methodische Erkenntnisse zur Durchführung einer Wirkungskontrolle gewonnen:

Indikatoren

- Landschaftsstrukturmasse (landscape metrics) eignen sich zur Quantifizierung der wiederhergestellten Landschaftskomposition und -konfiguration und damit als Indikatoren für das Potential zur Wiederherstellung auentypischer Biozöosen. Das vorgeschlagene Indikatorenset setzt sich zusammen aus: Mean Shape Index, Median Patch Size, Mean Nearest Neighbour, Mean Proximity Index, Interspersion and Juxtaposition Indx, Edge Density, % Area, Patch Richness (s. paper 1).
- Die Anzahl und Habitatbindung (Stenökologie) der einzelnen, in einem revitalisierten Abschnitt angetroffenen Arten sind Zeiger für den Revitalisierungserfolg. Für die Durchführung zukünftiger Erfolgskontrollen wurde deshalb eine Liste auentypischer, (semi-)terrestrischer Pflanzenarten unterschiedlicher Habitatbindung erstellt (s. Anhang).

Stencil technique

Der Vergleich der Landschaftsstruktur unterschiedlich grosser Untersuchungsgebiete (Aufweitung, naturnahe Referenz) mittels landscape metrics ist nur bedingt zulässig. Um einen solchen Vergleich dennoch zu ermöglichen, wurde die GIS-basierte „Stencil technique“ entwickelt, welche im paper 1 detailliert beschrieben wird.

Ähnlichkeitsrechnungen

- Die durch die Revitalisierung erreichte Naturnähe lässt sich mittels Ähnlichkeitsrechnungen quantifizieren.
- Auf der Ebene der landscape metrics eignet sich hierfür die Berechnung der City Block Distance (= Manhattan metric) zwischen den Werten der Gerinneaufweitung und den Werten der regulierten bzw. naturnahen Referenz (paper 1).
- Für die Berechnung und visuelle Darstellung der Ähnlichkeit zwischen den Vegetationsaufnahmen der Gerinneaufweitungen und jenen der entsprechenden Referenzgebiete, erwies sich die Fuzzy Ordination, eine Methode aus dem Bereich der multivariaten Statistik, als besonders geeignet (paper 2).

Die Anwendung der oben vorgestellten Methoden zur Wirkungskontrolle von Revitalisierungsmassnahmen führte zu folgenden Ergebnissen (paper 1 und 2):

- Gerinneaufweitungen ermöglichen vor allem die Wiederherstellung von Pionierlebensräumen wie z.B. Kiesbänke u. Weichholzgebüsch.

- Gerinneaufweitungen erhöhen die Habitatdiversität. Diese liegt jedoch aufgrund der geringen Flächenausdehnung der Aufweitungen unter jener der naturnahen Strecken.
- Gerinneaufweitungen weisen ein komplexeres und kleinteiligeres Habitatmosaik auf als entsprechende naturnahe Bereiche.
- Gerinneaufweitungen leisten einen wichtigen Beitrag zu Schutz und Förderung auetypischer Pflanzenarten, z.B. von Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*) oder Fleischers Weidenröschen (*Epilobium fleischeri*).
- Der Erfolg von Massnahmen zur Gerinneaufweitung ist im Wesentlichen abhängig von der Grösse der Aufweitung, der Nähe zu naturnahen Bereichen und dem Geschiebehalt.

Für die Ermittlung der Vorranggebiete für zukünftige Gerinneaufweitungen (paper 3) wurden räumlich explizite Daten in ein GIS eingespielen und mittels eines hierarchischen Filterprozesses ausgewertet (multi criteria decision making (MCDM)-GIS- Analyse). Der Auswahlprozess integriert:

- ökologische Kriterien und Indikatoren zur Erfassung ökosystemarer Schlüsselprozesse (z.B. Hydrologie, Geschiebe, Vernetzung) und
- sozio-ökonomische Kriterien (z.B. Hochwasserschutz, Naherholung, Einstellung der Bevölkerung gegenüber Umweltbelangen), womit der gesellschaftlichen Relevanz von Revitalisierungsprojekten Rechnung getragen wird.

Die Eignung aus ökologischer Sicht wird in einem „ecological restoration suitability index“ zusammengefasst. Die Gewichtung der Kriterien und Wertfunktionen für die MCDM-GIS-Analyse wurden im Rahmen einer Expertenbefragung (Delphi-Prozess) ermittelt.

Die Ergebnisse zeigen, unter anderem, für die Schweiz (paper 3),:

- dass die überwiegende Mehrheit der Einzugsgebiete sehr gute, ökologische Rahmenbedingungen für Revitalisierungsmassnahmen aufweist. Diese liegen mehrheitlich im Mittelland, da das Revitalisierungspotenzial der Berggewässer durch die Wasserkraftnutzung stark eingeschränkt ist und,
- dass eine Auswertung des bisherigen Abstimmungsverhaltens der Bevölkerung eine Abschätzung der Akzeptanz zukünftiger Revitalisierungsprojekte ermöglicht.

Grundsätzlich zeigt sich, dass Gerinneaufweitungen geeignete Massnahmen zur Förderung u. Wiederherstellung autotypischer Arten- u. Lebensgemeinschaften darstellen, deren Potenzial in der Schweiz bei Weitem noch nicht ausgeschöpft ist.