Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 97 (2005)

Heft: 3-4

Artikel: Flussaufweitungen lohnen sich! : Ergebnisse einer Erfolgskontrolle aus ökologischer Sicht

Autor: Rohde, Sigrun

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941740

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Flussaufweitungen lohnen sich! Ergebnisse einer Erfolgskontrolle aus ökologischer Sicht

■ *Sigrun Rohde*

Zusammenfassung

Seit rund 12 Jahren werden in der Schweiz Flussaufweitungen gebaut. Im Rahmen des Rhone-Thur-Projektes wurde eine Erfolgskontrolle durchgeführt und die ökologischen Auswirkungen von fünf Gerinneaufweitungen untersucht. Dabei wurden die Gerinneaufweitungen mit kanalisierten und mit naturnahen Fliessgewässerabschnitten verglichen.

Die Ergebnisse zeigen, dass Gerinneaufweitungen grundsätzlich zu einer Aufwertung des Gewässers in Richtung eines naturnäheren Zustandes führen. So werden durch die Aufweitungen Bereiche unterschiedlicher Strömung und Wassertiefen und Raum für die Etablierung von Pionierlebensräumen (Kiesbänke, Pionierkrautgesellschaften und Weichholzgebüsche) geschaffen. Aufgrund der begrenzten Flächenausdehnung der Gerinneaufweitung kann sich jedoch nur ein Teil des gesamten Spektrums auetypischer Lebensräume einstellen. Zudem ist das Landschaftsmosaik der Aufweitungen kleinteiliger und komplexer als das naturnaher Auen. Die Entwicklung einer Aufweitung hin zu naturnahen Verhältnissen hängt jedoch nicht nur von der Grösse der Aufweitung ab, sondern wird auch massgeblich von den übergeordneten naturräumlichen Randbedingungen (Hydrologie, Geschiebeeintrag) bestimmt.

Neben den Untersuchungsergebnissen werden eine Liste «auetypischer Pflanzenarten der Schweiz» und ein Indikatorenset «Landschaftsstrukturmasse» vorgestellt. Damit soll eine Hilfestellung für die Durchführung zukünftiger Wirkungskontrollen gegeben werden.

1. Einleitung

Seit rund 12 Jahren werden in der Schweiz Flussaufweitungen gebaut. Damit soll zum einen die Sohle eines Flusses stabilisiert werden, und zum anderen soll das kanalisierte Gerinne ökologisch aufgewertet werden. Nachdem Hunzinger in seinem Artikel (WEL, Heft 9/10-2004) die Erfahrungen des Wasserbaus dargelegt hat, sollen in diesem Beitrag die Erfahrungen aus Sicht der Ökologie (am Beispiel der Lebensraumausstattung und Vegetationsentwicklung) beleuchtet werden. Folgende Fragen stehen dabei im Mittelpunkt:

- Wie können die ökologischen Auswirkungen von Flussaufweitungen gemessen werden?
- Können Aufweitungen Lebensraum für auetypische Arten- und Lebensgemeinschaften schaffen?
- Welche Naturnähe kann mit Gerinneaufweitungen erreicht werden?

In diesem Artikel werden die Ergebnisse eines im Rahmen des Rhone-Thur-Projektes (www.rhone-thur.eawag.ch) durchgeführten Projektes vorgestellt. Es wurden fünf Flussaufweitungen untersucht und jeweils mit einem kanalisierten Abschnitt (= regulierte Referenz = Nullzustand) und einem naturnahen Abschnitt (= naturnahe Referenz = Zielzustand) verglichen (Bild 1, Tabelle 1). Diese vergleichende Untersuchung ermöglicht die Beurteilung der durch die Gerinneaufweitung erreichten Naturnähe.

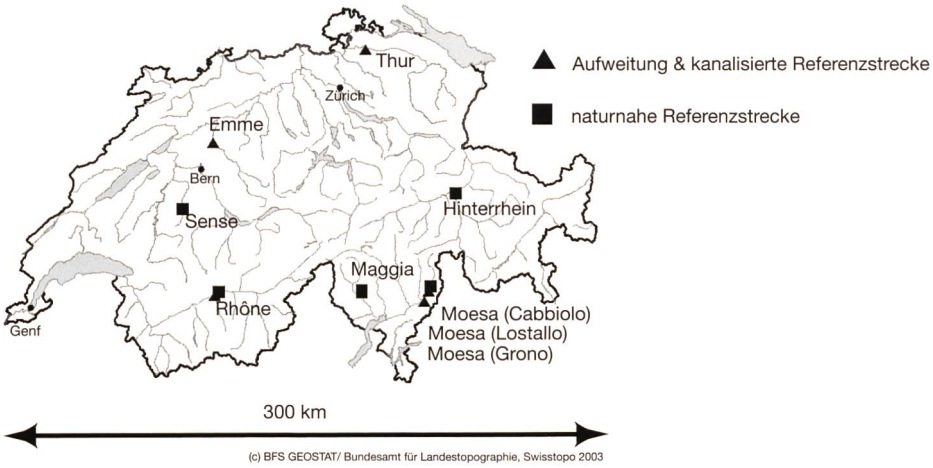


Bild 1. Untersuchungsgebiete.

2. Indikatoren für die Erfolgskontrolle

2.1 Landschaftsstrukturmasse

Die in einem Gebiet vorhandenen Habitattypen, ihre Grenzstrukturen und Nachbarschaftsbeziehungen bestimmen sowohl das Wander- bzw. Ausbreitungsverhalten von Organismen als auch Material- und Energieflüsse. Es besteht also eine enge Verbindung

kanalisierte Referenzstecke	Flussaufweitung	naturnahe Referenzstrecke
0	Natürlichkeitsgradient →	1
Thur (Gütighausen) Rhône (Chippis) Moesa (Grono, Lostallo) Emme (Aefligen)	Thur (Gütighausen) Rhône (Chippis) Moesa (Grono, Lostallo) Emme (Aefligen)	Hinterrhein (Rhäzüns) Hinterrhein (Rhäzüns)/Rhône (Pfynwald) Maggia (Someo)/Moesa (Cabbiolo) Sense (Plaffeien)

Tabelle 1. Untersuchungsdesign.

Indikator	Definition[1]	Bezug zu Ökosystemfunktionen und -prozessen
Landschafts-komposition		
PR	Patch Richness: misst die Habitatvielfalt.	Habitatvielfalt ist die Voraussetzung für Artenvielfalt.
%Area	Flächenanteil eines Habitattyps.	Die Fläche eines Lebensraumes hat einen grossen Einfluss auf die Populationsgrösse einer Art.
Landschafts-konfiguration		
MSI	Mean Shape Index: misst die Komplexität einer Fläche im Vergleich zu einer Standardform (Kreis bzw. Quadrat).	Die Artenzahl wird nicht nur durch die Grösse einer Fläche, sondern auch durch ihre Form beeinflusst (Hamazaki 1996).
medPS	Median Patch Size: Mittlere (Median) Flächengrösse eines Habitattyps.	Die Flächengrösse ist ein Schlüsselfaktor hinsichtlich der Habitateignung.
MNN	Mean Nearest Neighbour: misst den Abstand zwischen zwei Flächen des gleichen Habitattyps.	Ausbreitungsmöglichkeiten und damit Wiederbesiedlung und der Schutz von so genannten Metapopulationen werden durch die Entfernung zwischen geeigneten Lebensräumen bestimmt.
MPI	Mean Proximity Index: misst den Isolations- bzw. Fragmentierungsgrad. Neben der Distanz zur nächstgelegenen Fläche des gleichen Habitattyps wird auch die Grösse der einzelnen Flächen berücksichtigt.	siehe oben
IJI	Interspersion and Juxtaposition Index: misst Nachbarschaftsverhältnisse. IJI = 100, wenn alle Habitattypen gleichermassen an alle anderen Habitattypen angrenzen.	Viele Arten sind auf die Verzahnung verschiedener Habitattypen angewiesen.
ED	Edge Density: Grenzliniendichte. Standardisierung der gesamten Grenzlinie zwischen verschiedenen Habitattypen auf eine Flächeneinheit (m/ha).	– Der Wasseraustausch ist abhängig von der Uferlänge. – Die Fläche des Interface zwischen Wasser und Substrat ist positiv mit dem Stickstoffrückhalt korreliert (Pinay et al. 2002). – Bei Fischen, aquatischen Wirbellosen und auetypischen Laufkäfern ist die Artenvielfalt positiv mit der Uferlänge korreliert (Wintersberger 1996, Rempel et al. 1999, Hering & Plachter 1997, Tockner et al. 2005).

[1] Siehe auch McGarigal & Marks 1995

Tabelle 2. Landschaftsstrukturmasse als Indikatoren für Ökosystemfunktionen und -prozesse.

Landschaftsstrukturmass k (siehe Tabelle 2)	Fall 1 Emme	Fall 2 Emme	Fall 3 Sense	|Fall 1 - Fall 2|	|Fall 3 - Fall 2|
Untersuchungstyp	kanalisiert	Aufweitung	naturnah		
PR (Habitatdiversität)	4	17	18	13.00	1.00
MSI	4.73	2.41	2.07	2.32	0.34
medPS	0.63	0.02	0.05	0.61	0.03
MNN	41.3	37.2	59.6	4.10	22.40
MPI	3.75	328.3	372.99	324.55	44.69
IJI	61.31	68.57	66.02	7.26	2.55
ED	1081.3	1459.84	1221.28	378.54	238.56
Manhattan Masszahl (d_{ij})				**104.34**	**44.22**

erreichte Naturnähe der Aufweitung = (Standardisierung) $\frac{dij|Fall1 - Fall2|}{\sum dij} = \frac{104.34}{148.56} = 0.7023$ (siehe Bild 8)

Rechenbeispiel. Berechnung der «Manhatten»-Masszahl d_{ij} und anschliessende Standardisierung.

zwischen der Struktur einer Landschaft bzw. eines Landschaftsausschnittes und den darin ablaufenden, ökologischen Prozessen und Funktionen. Mit Gerinneaufweitungen möchte man unter anderem auetypische Lebensräume und Strukturen im und am Gewässer wiederherstellen. Damit soll die Voraussetzung für den Ablauf natürlicher Prozesse und die Wiederbesiedlung durch auetypische Arten geschaffen werden. Inwieweit die neu geschaffenen Strukturen denen naturnaher Auen entsprechen, lässt sich mittels so genannter Landschaftsstrukturmasse bestimmen. Mit Hilfe dieser Landschaftsstrukturmasse lässt sich die Struktur einer Landschaft in Zahlen fassen. Diese Quantifizierung der Landschaftsstruktur ermöglicht den Vergleich zwischen kanalisierten, aufgeweiteten und naturnahen Flussabschnitten. Anhand dieses Vergleichs lässt sich anschliessend die erreichte Naturnähe einer Gerinneaufweitung bestimmen.

Welche Landschaftsstrukturmasse sich besonders gut als Indikatoren für eine Erfolgskontrolle bei Flussrevitalisierungsprojekten (Gerinneaufweitungen) eignen, zeigt Tabelle 2.

Als Grundlage für die Berechnung der Landschaftsstrukturmasse wird lediglich ein GIS mit digitalen Biotoptypen-/Habitattypenkarten der betrachteten Flussabschnitte benötigt (Bild 2). Für die Berechnung selbst stehen verschiedene Computerprogramme zur Verfügung. Dabei hat sich der PatchAnalyst 3.1 als besonders praxistauglich erwiesen. Der PatchAnalyst ist eine anwenderfreundliche Erweiterung zu ArcView, welche unter http://flash.lakeheadu.ca/~rrempel/patch/index.html kostenlos heruntergeladen werden kann.

Für den Vergleich zwischen kanalisierten, aufgeweiteten und naturnahen Abschnitten lassen sich die einzelnen Landschaftsstrukturmasse wie folgt zu einem einzigen Indikator («Manhattan»-Masszahl d_{ij}) zusammenfassen:

$$d_{ij} = \frac{\sum_k |x_{ik} - x_{jk}|}{\sum_k}$$

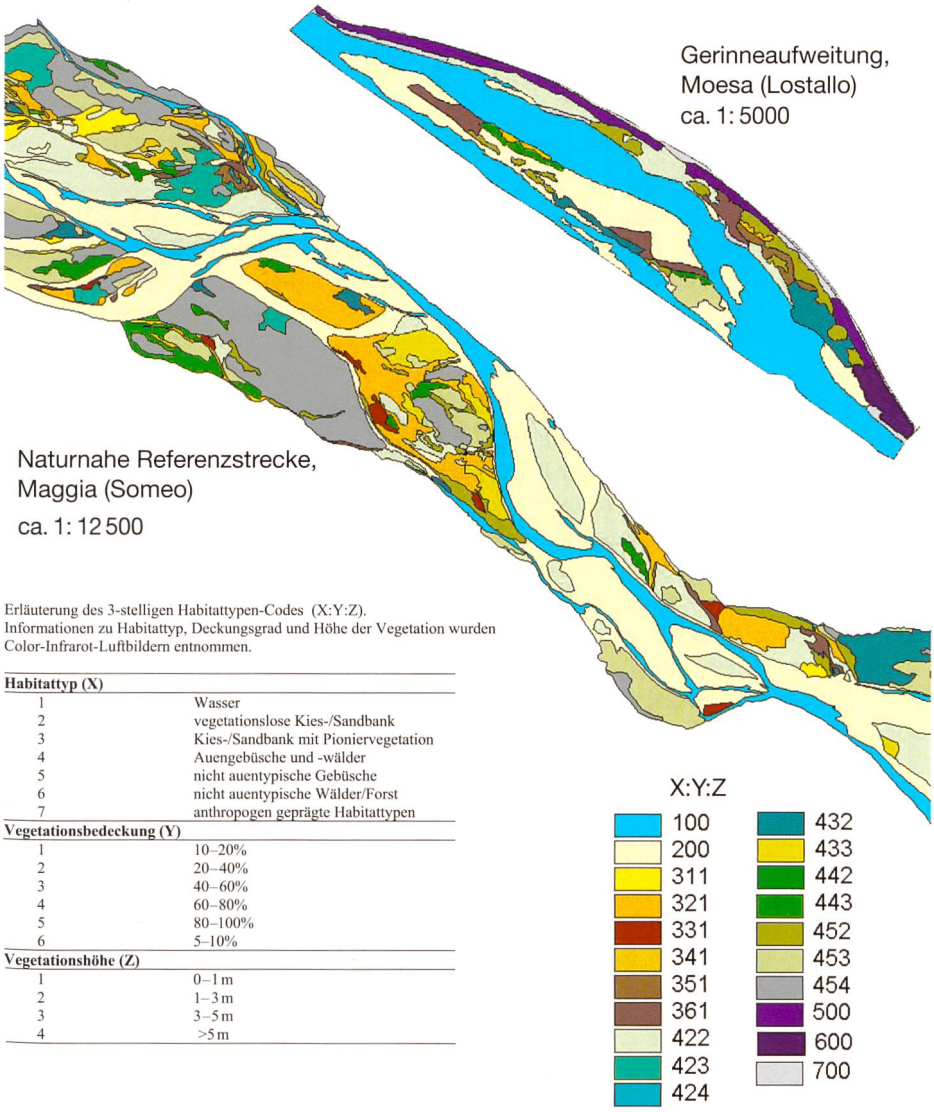
Dabei ist x_{ik} der Wert des Indikators (Landschaftsstrukturmasses) k im Fall i und x_{jk} der Wert des Indikators (Landschaftsstrukturmasses) k im Fall j. Bei einer Erfolgskontrolle gibt die «Manhattan»-Masszahl (d_{ij}) einen Überblick zur erreichten Naturnähe eines Revitalisierungsprojektes. Eine globale Bewertung sollte jedoch immer in Zusammenschau mit den zugrunde liegenden Werten der einzelnen Landschaftsstrukturmasse vorgenommen werden.

Das nebenstehende Rechenbeispiel zeigt die Berechnung der «Manhattan»-Masszahl d_{ij}. Die anschliessende Standardisierung ermöglicht die Bewertung verschiedener Projekte entlang eines Natürlichkeitsgradienten, der von kanalisiert (Wert «0») bis naturnah (Wert «1») reicht (Bild 8).

2.2 Liste auetypischer Pflanzenarten der Schweiz

Pflanzen sind sehr publikumswirksam und lassen sich mit verhältnismässig geringem Aufwand erheben. Sie eignen sich daher besonders gut als Indikatoren für eine Erfolgskontrolle.

Vergleicht man nun Vegetationsaufnahmen (z.B. Kartierungen nach Braun-Blanquet) aus Aufweitungen mit Vegetationsaufnahmen aus kanalisierten bzw. naturnahen Flussabschnitten, kann die Naturnähe der Aufweitung erfasst werden. Je ähnlicher sich die Vegetationsaufnahmen der Aufweitung



Erläuterung des 3-stelligen Habitattypen-Codes (X:Y:Z). Informationen zu Habitattyp, Deckungsgrad und Höhe der Vegetation wurden Color-Infrarot-Luftbildern entnommen.

Habitattyp (X)	
1	Wasser
2	vegetationslose Kies-/Sandbank
3	Kies-/Sandbank mit Pioniervegetation
4	Auengebüsche und -wälder
5	nicht auentypische Gebüsche
6	nicht auentypische Wälder/Forst
7	anthropogen geprägte Habitattypen
Vegetationsbedeckung (Y)	
1	10–20%
2	20–40%
3	40–60%
4	60–80%
5	80–100%
6	5–10%
Vegetationshöhe (Z)	
1	0–1 m
2	1–3 m
3	3–5 m
4	>5 m

Bild 2. Habitattypenkartierung.

und des naturnahen Abschnitts sind, umso grösser ist der Revitalisierungserfolg.

Die Anzahl und Habitatbindung (Stenökie) der einzelnen, in einem revitalisierten Abschnitt angetroffenen Arten sind ebenfalls Zeiger für den Revitalisierungserfolg. Je mehr auetypische Arten in einer Aufweitung angetroffen werden, umso grösser ist der zu verzeichnende Revitalisierungserfolg. Zu den auetypischen Arten gehören beispielsweise Fleischers Weidenröschen *(Epilobium fleischeri)* und das Rohrglanzgras *(Phalaris arundinacaea)* (Bilder 3 und 4). Für die Durchführung zukünftiger Erfolgskontrollen wurde deshalb eine Liste «auetypischer Pflanzenarten der Schweiz (ohne Wasserpflanzen)» erstellt (Tabelle 3).

Dabei wurden die Arten, gemäss ihrer Habitatbindung, in drei verschiedene Klassen eingeteilt:

Klasse 1: auenabhängige Arten sensu stricto: Arten, deren Vorkommen stark an Auen gebunden ist.

Klasse 2: auenabhängige Arten sensu lato: Arten, deren natürlicher Lebensraum die Auen sind, die aber heute auch in so genannten Sekundärhabitaten (z.B. Kiesgruben) auftreten können.

Klasse 3: weitere, charakteristische Arten: Arten, die regelmässig in Auen vorkommen (ohne Arten des Intensivgrünlandes), aber deren Bestand nicht von Auen abhängig ist.

Diese hier vorgestellte Liste basiert auf den Ausführungen von Kuhn (1987), Pantke (2003), Moor (1958), Ellenberg (1996) und Oberdorfer (1992, 1993).

3. Ergebnisse

3.1 Wiederherstellung auetypischer Lebensraumtypen und Strukturen

Die Untersuchungen zeigen, dass Aufweitungen zu einem erhöhten Angebot an (auetypischen) Lebensräumen führen (Bild 5, Tabelle 4). Insbesondere die Aufweitungen an der Emme (Aefligen) und der Moesa (Lostallo) brachten eine wesentliche Verbesserung hinsichtlich der Schaffung auetypischer Habitattypen mit sich. Jedoch liegt auch hier die Habitatvielfalt, aufgrund der geringen Flächenausdehnung der Aufweitungen, unter jener der naturnahen Referenzstrecken.

Betrachtet man die Habitattypen, die durch Gerinneaufweitungen geschaffen werden, so fällt auf, dass sich insbesondere Pionierlebensräume wie Kiesbänke und Weichholzgebüsche etablieren. Ältere Entwicklungsstadien, wie z.B. Auwälder, fehlen weitgehend, ausser es handelt sich um ältere Bestände, die in die Aufweitung integriert wurden. Das Fehlen von Auwäldern lässt sich mit der geringen Flächenausdehnung der Aufweitungen erklären. Auwälder treten natürlicherweise an höher gelegenen Auenbereichen auf, die nur episodisch überflutet werden. Aufweitungen beschränken sich bisher jedoch auf den dynamischen und damit häufig überfluteten Teil des Flusses, so dass sich hier keine Auwälder etablieren können.

Vergleicht man die Landschaftskonfiguration von Aufweitungen mit jener der naturnahen Referenzstrecken, so sieht man, dass das Landschaftsmosaik der Aufweitungen im Allgemeinen deutlich kleinteiliger und komplexer ist als das der naturnahen Auen. So beträgt die mittlere Flächengrösse (medPS) der Aufweitungen an der Emme (Aefligen) und Moesa (Lostallo) weniger als die Hälfte der mittleren Flächengrösse der dazugehörigen, naturnahen Referenzstrecke (Bild 6). Anders sieht es bei den Aufweitungen an der Thur (Gütighausen) und Rhone (Chippis) aus. Der Unterschied liegt hier in der Tatsache begründet, dass die Aufweitungen im Wesentlichen aus dem Flusslauf selbst und zwei grossen Kiesbänken bestehen.

Allen Aufweitungen gemeinsam ist jedoch eine höhere Flächenkomplexität, welche sich in einem hohen Wert des Mean Shape Index (MSI) niederschlägt. Auch die Grenzliniendichte ist in den Aufweitungen durchwegs höher als in den naturnahen Referenzabschnitten (Tabelle 4).

Bild 3. Fleischers Weidenröschen (Epilobium fleischeri).

Klasse1: auenabhängige Arten *sensu stricto*:
Arten, deren Vorkommen stark an Auen gebunden ist

Calamagrostis pseudophragmites	*Epilobium dodonaei*	*Hippophaë rhamnoides*	*Myricaria germanica*	*Salix daphnoides*	*Salix triandra*	*Salix elaeagnos*
Carex acutiformis	*Epilobium fleischeri*	*Lysimachia thyrsiflora*	*Salix alba*	*Salix myrsinifolia*	*Salix viminalis*	

Klasse 2: auenabhängige Arten *sensu lato*:
Arten, deren natürlicher Lebensraum die Auens sind, die aber heute auch in so genannten Sekundärhabitaten (z.B. Kiesgruben) auftreten können.

Aegopodium podagraria	*Carduus personata*	*Cotoneaster tomentosus*	*Isolepis setacea*	*Linaria vulgaris*	*Polygonum lapathifolium su*	*Scrophularia canina*
Alopecurus aequalis	*Carex pseudocyperus*	*Crepis setosa*	*Juncus bufonius*	*Lythrum portula*	*Polygonum minus*	*Sium latifolium*
Alnus glutinosa	*Centaurea diffusa*	*Cruciata laevipes*	*Juncus capitatus*	*Melilotus albus*	*Prunus mahaleb*	*Sparganium emersum*
Alnus incana	*Centaurium pulchellum*	*Cyperus fuscus*	*Juncus tenageia*	*Melilotus altissimus*	*Ranunculus sceleratus*	*Sparganium erectum*
Amelanchier ovalis	*Chaerophyllum aureum*	*Daucus carota*	*Lamium maculatum*	*Melilotus officinalis*	*Reseda luteola*	*Sparganium erectum*
Anagallis minima	*Chaerophyllum bulbosum*	*Echium vulgare*	*Linaria vulgaris*	*Montia fontana subsp. chon*	*Rhamnus alpina*	*Tanacetum vulgare*
Artemisia vulgaris	*Chenopodium ficifolium*	*Epilobium roseum*	*Lythrum portula*	*Myosotis cespitosa*	*Riccia glauca*	*Tragopogon dubius*
Atriplex prostrata	*Chenopodium glaucum*	*Equisetum hyemale*	*Melilotus albus*	*Oenothera biennis*	*Rorippa amphibia*	*Typha angustifolia*
Barbarea vulgaris	*Chenopodium polyspermum*	*Erigeron annuus*	*Melilotus altissimus*	*Oenothera glazioviana*	*Rosa micrantha*	*Typha latifolia*
Berberis vulgaris	*Chenopodium rubrum*	*Erigeron annuus*	*Melilotus officinalis*	*Oenothera parviflora*	*Rosa villosa*	*Viburnum lantana*
Berteroa incana	*Chondrilla chondrilloides*	*Erigeron annuus subsp. str*	*Montia fontana subsp. chon*	*Petasites hybridus*	*Rumex aquaticus*	
Bidens cernua	*Colutea arborescens*	*Glyceria maxima*	*Myosotis cespitosa*	*Phalaris arundinacea*	*Salix fragilis*	
Bidens connata	*Cornus mas,sanguinea*	*Hieracium piloselloides*	*Juncus bufonius*	*Phragmites australis*	*Salix purpurea*	
Bidens radiata	*Corrigiola litoralis*	*Hieracium staticifolium*	*Juncus capitatus*	*Picris hieracioides*	*Salix x rubens*	
Bidens tripartita	*Cotinus coggygria*	*Hippocrepis emerus*	*Juncus tenageia*	*Polygonum hydropiper*	*Sambucus ebulus*	
Butomus umbellatus	*Cotoneaster integerrimus*	*Humulus lupulus*	*Lamium maculatum*	*Polygonum lapathifolium s.*	*Schoenoplectus lacustris*	

Klasse 3: Weitere, charakteristische Arten:
Arten, die regelmässig in Auen vorkommen (ohne Arten des Intensivgrünlandes), aber deren Bestand nicht von Auen abhängig ist.

Achillea millefolium	*Cardamine pratensis*	*Erucastrum gallicum*	*Impatiens noli-tangere*	*Oxytropis campestris .*	*Rorippa x*	*Sonchus oleraceus*
Agropyron repens	*Cardamine resedifolia*	*Erucastrum nasturtiifolium*	*Impatiens parviflora*	*Papaver rhoeas*	*Rorippa islandica*	*Sorbus aria*
Agropyron repens	*Carduus acanthoides*	*Erysimum cheiranthoides*	*Iris pseudacorus*	*Pastinaca sativa .*	*Rorippa sylvestris*	*Stachys sylvatica*
Agrostis gigantea	*Carduus defloratus*	*Euonymus europaeus*	*Isatis tinctoria*	*Petasites paradoxus*	*Rosa canina*	*Stellaria media*
Agrostis rupestris	*Carex acuta*	*Euphorbia cyparissias*	*Juniperus communis .*	*Picea abies*	*Rubus caesius*	*Stereocaulon alpinum*
Agrostis stolonifera	*Carex alba*	*Euphorbia peplus*	*Lactuca serriola*	*Pinus sylvestris*	*Rumex acetosa*	*Symphytum officinale*
Alchemilla vulgaris	*Carex ornithopoda*	*Euphrasia salisburgensis*	*Lamium album*	*Plagiomnium undulatum*	*Rumex crispus*	*Teucrium chamaedrys*
Alliaria petiolata	*Carex vesicaria*	*Eurhynchium striatum*	*Lamium purpureum*	*Plantago major subsp. intermedia*	*Rumex maritimus*	*Thuidium tamariscinum*
Alopecurus geniculatus	*Carex vulpina*	*Fallopia convolvulus*	*Leontodon hispidus .*	*Poa alpina*	*Rumex scutatus*	*Thymus praecox .*
Amaranthus blitum	*Cerastium arvense*	*Festuca arundinacea*	*Leontodon hispidus*	*Poa angustifolia*	*Sagina saginoides*	*Thymus serpyllum aggr.*
Amaranthus caudatus	*Chaenorrhinum minus*	*Festuca gigantea*	*Lepidium campestre*	*Poa annua aggr.*	*Salix appendiculata*	*Tortella tortuosa*
Amaranthus retroflexus	*Chaerophyllum hirsutum*	*Festuca rubra aggr.*	*Leucanthemopsis alpina*	*Poa compressa*	*Sambucus nigra*	*Trifolium pallescens*
Angelica sylvestris	*Chelidonium majus*	*Festuca rupicola*	*Ligustrum vulgare*	*Poa glauca*	*Sanguisorba minor .*	*Trifolium saxatile*
Anthriscus sylvestris	*Chenopodium album*	*Filipendula ulmaria*	*Plantago major*	*Poa palustris*	*Saponaria ocymoides*	*Tripleurospermum perforatum*
Anthyllis vulneraria	*Chenopodium bonus-henricus*	*Fragaria vesca*	*Linaria alpina*	*Polygonum amphibium*	*Saponaria officinalis*	*Tussilago farfara*
Arabis alpina	*Cirsium arvense*	*Frangula alnus*	*Lonicera xylosteum*	*Polygonum aviculare*	*Saxifraga aizoides*	*Urtica dioica*
Arctium tomentosum	*Cirsium oleraceum*	*Fraxinus excelsior*	*Lotus corniculatus*	*Polygonum mite*	*Saxifraga bryoides*	*Valeriana montana*
Arenaria serpyllifolia aggr.	*Cirsium vulgare*	*Galeopsis tetrahit*	*Lycopersicon esculentum*	*Polygonum persicaria*	*Saxifraga oppositifolia*	*Valeriana officinalis*
Artemisia campestris	*Clematis vitalba*	*Galium aparine*	*Lysimachia nummularia*	*Populus nigra .*	*Scrophularia nodosa*	*Verbascum densiflorum*
Astragalus alpinus	*Conyza canadensis*	*Galium palustre*	*Lysimachia vulgaris*	*Portulaca oleracea .*	*Scrophularia umbrosa*	*Verbascum nigrum*
Atriplex patula	*Cornus sanguinea*	*Geranium pyrenaicum*	*Lythrum salicaria*	*Potentilla anserina*	*Sempervivum arachnoideum*	*Verbascum phlomoides*
Bidens frondosa	*Corylus avellana*	*Geranium robertianum*	*Malva neglecta*	*Prunus avium*	*Senecio vulgaris*	*Verbascum thapsus .*
Brachypodium pinnatum	*Crataegus laevigata*	*Geum rivale*	*Matricaria recutita*	*Prunus padus .*	*Setaria pumila*	*Veronica anagallis-aquatica*
Brachypodium sylvaticum	*Crataegus monogyna*	*Geum urbanum*	*Medicago lupulina*	*Prunus spinosa*	*Setaria viridis*	*Veronica beccabunga*
Brassica oleracea	*Crepis capillaris*	*Glechoma hederacea*	*Melica nutans*	*Quercus petraea*	*Silene dioica*	*Veronica bellidioides*
Calamagrostis epigejos	*Deschampsia cespitosa*	*Glyceria fluitans*	*Mentha aquatica*	*Quercus pubescens*	*Silene pratensis*	*Veronica chamaedrys*
Calamagrostis varia	*Digitaria sanguinalis*	*Gypsophila repens*	*Mentha longifolia*	*Quercus robur*	*Silene vulgaris .*	*Veronica persica*
Caltha palustris	*Echinochloa crus-galli*	*Helianthus annuus*	*Myosotis arvensis*	*Racomitrium canescens*	*Sinapis arvensis*	*Vicia cracca .*
Calystegia sepium	*Epilobium hirsutum*	*Heracleum sphondylium*	*Myosotis scorpioides*	*Ranunculus lingua*	*Sisymbrium officinale*	*Viola tricolor*
Campanula cochleariifolia	*Equisetum arvense*	*Hieracium intybaceum*	*Myosoton aquaticum*	*Raphanus raphanistrum*	*Solanum dulcamara*	
Capsella bursa-pastoris	*Equisetum fluviatile*	*Hylocomium splendens*	*Nasturtium officinale*	*Reseda lutea*	*Solanum nigrum*	
Cardamine amara	*Equisetum ramosissimum*	*Hypericum perforatum*	*Origanum vulgare*	*Rhamnus cathartica*	*Solidago gigantea*	
Cardamine hirsuta	*Erigeron acer*	*Hypnum cupressiforme*	*Oxalis fontana*	*Rhytidiadelphus triquetrus*	*Sonchus asper*	

Tabelle 3. Auetypische Pflanzenarten der Schweiz (ohne Wasserpflanzen). Indikatoren für die ökologische Erfolgskontrolle von Revitalisierungsmassnahmen an Fliessgewässern.

Landschaftsstrukturmass	Emme	Emme	Sense	Moesa (Grono)	Moesa (Grono)	Maggia	Moesa (Lostallo)	Moesa (Lostallo)	Maggia	Thur	Thur	Hinterrhein	Rhône	Rhône	Hinterrhein
Untersuchungstyp	kanalisiert	Aufweitung	naturnah	kanalisiert	Aufweitung	naturnah	kanalisiert	Aufweitung	naturnah	kanalisiert	Aufweitung	naturnah	kanalisiert	Aufweitung	naturnah
PR (Habitatdiversität)	4.00	17.00	18.00	2.00	4.00	19.00	3.00	14.00	19.00	3.00	6.00	20.00	2.00	6.00	20.00
MSI	4.73	2.41	2.07	2.68	2.50	2.33	3.94	2.41	2.33	3.22	2.63	2.03	1.58	2.18	2.03
medPS	0.63	0.02	0.05	1.84	0.06	0.09	1.53	0.04	0.09	0.99	0.12	0.05	1.49	0.07	0.05
MNN	41.30	37.20	59.60	8.30	39.80	78.20	0.00	40.10	78.20	29.10	85.40	68.20	0.00	9.40	68.20
MPI	3.75	328.30	372.99	6089.37	396.06	1334.58	0.00	176.79	1334.58	5.85	1.76	193.24	0.00	71.39	193.24
IJI	61.31	68.57	66.02	0.00	29.35	71.37	63.08	68.90	71.37	25.99	47.51	56.01	0.00	66.14	56.01
ED	1081.30	1459.84	1221.28	623.36	812.82	759.16	699.47	1470.91	759.16	782.47	795.15	634.91	411.14	1025.26	634.91

Tabelle 4. Landschaftsstruktur (Komposition und Konfiguration) der untersuchten Aufweitungen im Vergleich zu kanalisierten bzw. naturnahen Referenzstrecken (Sommer 2001). Die Analyse beruht auf digitalen Habitattypenkarten (PR: Patch Richness, MSI: Mean Shape Index, medPS: Median Patch Size, MNN: Mean Nearest Neighbour, MPI: Mean Proximity Index, IJI: Interspersion & Juxtaposition Index, ED: Edge Density).

Bild 4. Rohrglanzgras (Phalaris aurundinacaea).

3.2 Vorkommen auetypischer Pflanzenarten

Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass Aufweitungen einen wichtigen Beitrag zu Förderung und Schutz auetypischer Arten leisten können. So wurden an den untersuchten Aufweitungen insgesamt 30 auetypische Pflanzenarten der Klassen 1 und 2 gefunden (Tabelle 5). Mit sechs auetypischen Arten der Klasse 1 weist die Aufweitung an der Moesa ebenso viele auetypischen Arten auf, wie die dazugehörige, naturnahe Referenzstrecke (Bild 7). Während die Aufweitungen an der Thur und Emme zwei bzw. drei Arten weniger aufweisen als die naturnahen Referenzstrecken, sind es bei der Aufweitung an der Rhone deren fünf weniger.

Bei den vorgefundenen Arten der Gerinneaufweitungen handelt es sich hauptsächlich um (Pionier-)Arten der Kiesbänke und Ufer. Diese sind nicht nur in der Lage Trockenperioden zu überdauern, sondern überstehen auch zeitweilige Überflutung ohne Dauerschaden oder vermögen sich rasch zu regenerieren. Ein Paradebeispiel hiefür sind die verschiedenen Weiden-Arten. Arten, die nicht an die wechselnden und teilweise völlig unberechenbaren Bedingungen der Kiesbänke und Ufer angepasst sind, tun sich hingegen schwer und sind entsprechend selten anzutreffen. Zu diesen Arten gehören insbesondere die Arten der Auwälder.

Neben den in Tabelle 5 aufgeführten Arten profitieren insbesondere die Schwarzpappel *(Populus nigra)* und die Gräser Weisses Straussgras *(Agrostis stolonifera)*, Gemeine Quecke *(Agropyron repens)*, Wiesen-Knäuelgras *(Dactylus glomerata)* und Rasenschmiele *(Deschampsia cespitosa)* von dem Bau von Aufweitungen.

3.3 Erreichte Naturnähe

Bei der Beurteilung der erreichten Naturnähe dient ein Referenzsystem als Messlatte. Diese Messlatte entspricht einem Natürlichkeitsgradienten. Dabei steht der regulierte Zustand (= kanalisierte Strecke) am Anfang, und der naturnahe Zustand (= naturnahe Referenzstrecke) bildet das Ende der Messlatte (Tabelle 1). Auf diesem Natürlichkeitsgradienten entspricht der Wert «0» dem kanalisierten Ausgangszustand und der Wert «1» dem angestrebten Zielzustand. Die untersuchten Aufweitungen erreichen durchschnittlich eine Naturnähe von 0,46 hinsichtlich der Landschaftsstruktur und eine Naturnähe der Pflanzenbestände von 0,56 (Bild 8).

Es gibt jedoch beträchtliche Unterschiede zwischen den einzelnen Flussaufweitungen. So erreicht die Aufweitung an der Thur (Gütighausen) bei der Landschaftsstruktur lediglich eine Naturnähe von 0,03. Die Gerinneaufweitung an der Emme (Aefligen) hingegen erzielt einen Wert von 0,7 und schuf damit die naturnahsten Landschaftsstrukturverhältnisse.

Artname		**Aufweitung**				
lateinisch	**deutsch**	**Emme (Aefligen)**	**Moesa (Grono)**	**Moesa (Lostallo)**	**Thur (Gütighausen)**	**Rhône (Chippis)**
Klasse 1: Arten, die für ihr Überleben im Wesentlichen auf Auen angewiesen sind						
Calamagrostis pseudophragmites	Schilfähnliches Reitgras					x
Epilobium dodonaei	Dodonaeus' Weidenröschen		x	x		
Myricaria germanica	Tamariske		x	x		x
Salix alba	Silber-Weide,Weiss-Weide	x	x	x	x	x
Salix elaeagnos	Lavendel-Weide	x	x	x		x
Salix myrsinifolia	Schwarz-Weide	x	x	x		
Salix triandra	Mandel-Weide			x	x	
Salix viminalis	Hanf-Weide, Korb-Weide	x			x	
Klasse 2: Arten, die ihren natürlichen Verbreitungsschwerpunkt in Auen haben, aber auch ausserhalb von Auen (in so genannten Sekundärhabitaten) vorkommen können						
Alnus incana	Grau-Erle, Weiss-Erle	x	x	x		x
Artemisia vulgaris	Gemeiner Beifuss	x	x	x	x	x
Barbarea vulgaris	Gemeine Winterkresse		x	x	x	
Chenopodium polyspermum	Vielsamiger Gänsefuss				x	
Daucus carota	Möhre		x	x	x	
Echium vulgare	Natterkopf			x	x	x
Erigeron annuus	Borstiges Berufkraut		x	x		
Epilobium roseum	Rosenrotes Weidenröschen					
Hieracium piloselloides	Florentiner Habichtskraut		x			x
Humulus lupulus	Hopfen			x	x	x
Juncus bufonius	Kröten-Binse		x	x		
Melilotus albus	Weisser Honigklee	x	x	x		x
Melilotus officinalis	Echter Steinklee					
Oenothera biennis	Gemeine Nachtkerze		x	x	x	
Phalaris arundinacea	Rohr-Glanzgras	x			x	
Picris hieracioides	Bitterkraut		x	x		
Polygonum hydropiper	Wasserpfeffer-Knöterich				x	
Polygonum lapathifolium	Ampferblättriger Knöterich			x	x	
Polygonum minus	Kleiner Knöterich		x			
Prunus mahaleb	Felsenkirsche, Steinweichsel				x	
Salix purpurea	Purpur-Weide	x	x	x		x
Scrophularia canina	Hunds-Braunwurz		x	x		

Tabelle 5. Auetypische Arten, die im Sommer 2002 an Gerinneaufweitungen nachgewiesen werden konnten.

Grosse Unterschiede ergeben sich auch hinsichtlich der Naturnähe der angetroffenen Pflanzenbestände. Während die Aufweitung an der Thur (Gütighausen) eine Naturnähe der Pflanzenbestände von 0,23 aufweist, etablierten sich in der Aufweitung der Moesa (Grono) die naturnahsten Pflanzenbestände (Natürlichkeitsgrad 0,73). Dieser Unterschied lässt sich mit dem unterschiedlichen Vernetzungsgrad der Aufweitungsprojekte erklären. Während die Thur oberhalb der Aufweitung weitestgehend begradigt und kanalisiert ist, befindet sich ca. 10 km oberhalb der Aufweitungen an der Moesa ein naturnaher Abschnitt. Wie Bild 9 zeigt, führt diese Vernetzung mit einer naturnahen Flussstrecke dazu, dass die Pflanzenbestände der Aufweitungen an der Moesa von diesem naturnahen Abschnitt beeinflusst («geimpft») werden. Die naturnahe Strecke dient also als Besiedlungsquelle für die stromabwärts gelegenen, neu geschaffenen Lebensräume der Aufweitungen. An der Thur hingegen werden die neu geschaffenen, relativ isolierten Lebensräume, mangels Nähe zu naturnahen Auengebieten, von Arten der Umgebung (insbesondere Arten der Waldränder) besiedelt (Bild 10).

4. Schlussfolgerungen

Basierend auf den Erkenntnissen, die im Rahmen der Erfolgskontrolle des Forschungsprojektes Rhône-Thur gewonnen wurden, lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

Indikatoren und Methode einer Erfolgskontrolle

(1) Eine naturnahe Landschaftsstruktur ist die Voraussetzung für den Ablauf auetypischer Prozesse und Funktionen und dafür, dass sich auetypische Arten- und Lebensgemeinschaften einstellen. Die Landschaftsstruktur lässt sich mittels der vorgestellten Landschaftsstrukturmasse quantifizieren und anschliessend bewerten. Landschaftsstrukturmasse eignen sich also besonders gut als Indikatoren für die ökologische Erfolgskontrolle. Zudem lassen sich Landschaftsstrukturmasse mit Hilfe eines GIS schnell und einfach berechnen, und die transparente Vorgehensweise erleichtert die Kommunikation mit allen Beteiligten eines Revitalisierungsprojektes.

(2) Die Habitatbindung einer Art und die Anzahl vorgefundener Arten mit enger Habitatbindung sind Zeiger für den Revitalisierungserfolg einer Massnahme. Die vorgestellte Liste «auetypischer Pflanzenarten der Schweiz (ohne Wasserpflanzen)» ermöglicht eine schweizweit einheitliche Beurteilung von Gerinneaufweitungen.

(3) Bei einer Erfolgskontrolle wird ein hierarchisches Vorgehen empfohlen. Eine Erfolgskontrolle sollte sowohl Untersuchungen auf Habitatniveau (Landschaftsstruktur) als auch auf Artniveau (ökosystemtypische Arten) umfassen.

Untersuchungen auf Habitatniveau ermöglichen eine umfassende Beurteilung, ob lokal die Voraussetzungen für den Ablauf natürlicher Prozesse geschaffen wurden.

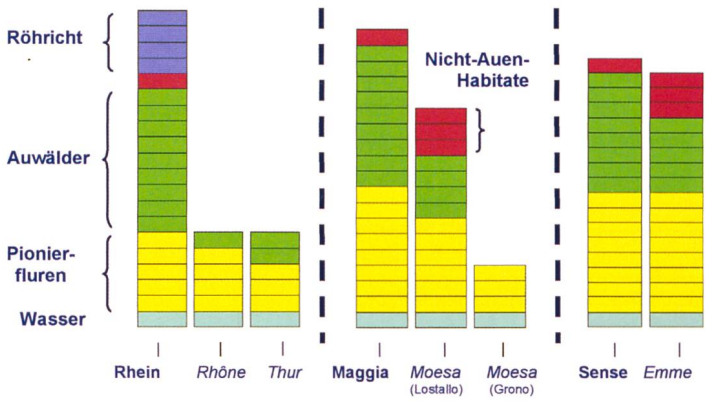


Bild 5. Habitattypen der untersuchten Aufweitungen (kursiv) und der dazugehörigen, naturnahen Referenzstrecken (fett).

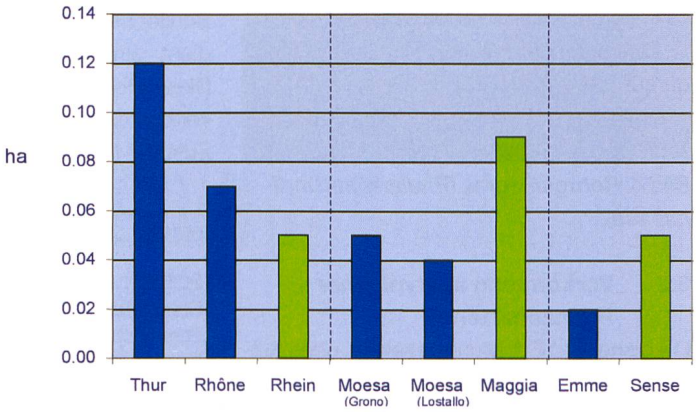


Bild 6. Mittlere Flächengrösse der in den Aufweitungen (blau) und den naturnahen Referenzstrecken (grün) festgestellten Habitattypen.

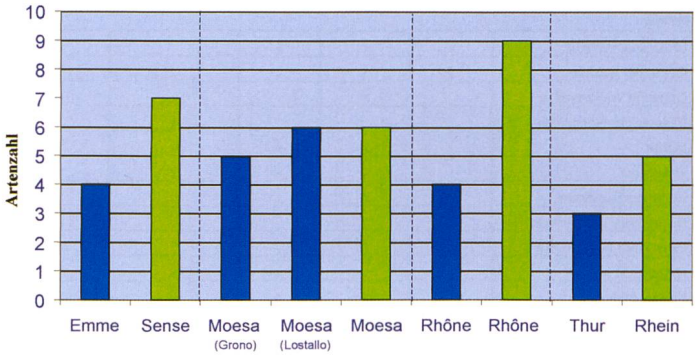


Bild 7. Anzahl der in den untersuchten Gerinneaufweitungen (blau) und dazugehörigen, naturnahen Referenzstrecken (grün) nachgewiesenen, auetypischen Arten der Klasse 1 (siehe Tabelle 3).

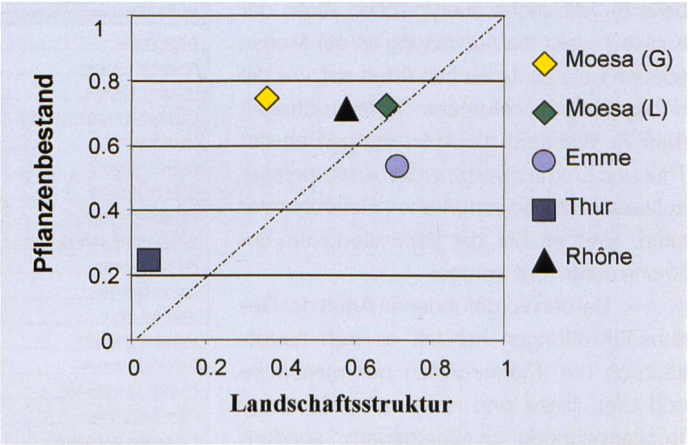


Bild 8. Naturnähe der untersuchten Gerinneaufweitungen (0 = kanalisierter Zustand, 1 = naturnaher Zustand). Die Werte entstammen der Berechnung von Landschaftsstrukturmassen («Manhattan»-Masszahl) und Ähnlichkeitsberechnungen der erhobenen Vegetationsaufnahmen (Van der Maarel) (Details siehe Rohde 2004).

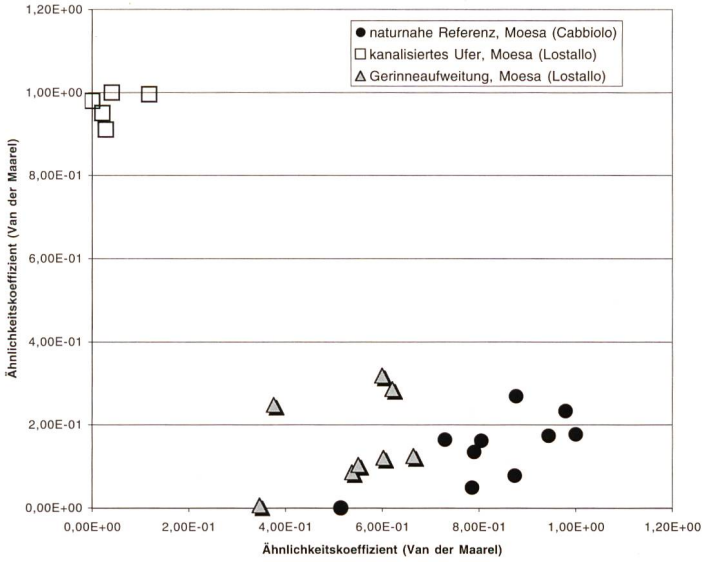


Bild 9. Ähnlichkeit zwischen den Vegetationsaufnahmen der Gerinneaufweitung an der Moesa (Lostallo) und der dazugehörigen regulierten bzw. naturnahen Referenzstrecke. Je näher die Punkte beieinander liegen, umso ähnlicher sind sich die Pflanzenbestände.

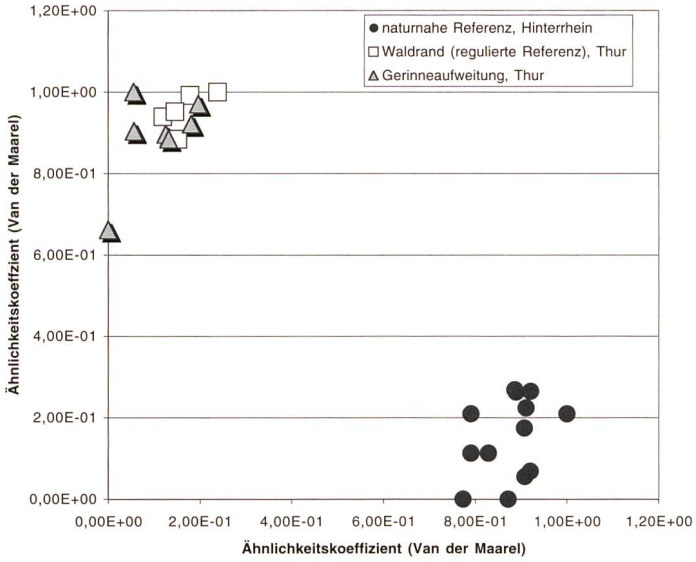


Bild 10. Ähnlichkeit zwischen den Vegetationsaufnahmen der Gerinneaufweitung an der Thur und der dazugehörigen kanalisierten bzw. naturnahen Referenzstrecke. Je näher die Punkte beieinander liegen, umso ähnlicher sind sich die Pflanzenbestände.

Untersuchungen auf Artniveau zeigen, ob die neu geschaffenen Flächen tatsächlich von ökosystemtypischen Arten besiedelt werden. Ist dies nicht der Fall, kann dies ein Hinweis darauf sein, dass es Faktoren gibt, die ausserhalb des Einflussbereiches des lokalen Projektperimeters liegen. Damit werden wertvolle Erkenntnisse für weitere Massnahmen im Einzugsgebiet gewonnen (Einzugsgebietsmanagement).

(4) Naturnahe und kanalisierte Referenz-/Kontrollstrecken sind wichtige Bestandteile einer Erfolgskontrolle. Mittels eines solchen Referenzsystems ist es möglich, die Frage zu beantworten, wie viel Naturnähe mit einem Revitalisierungsprojekt erreicht wurde.

Flussaufweitungen als Revitalisierungsmassnahme

(5) Der Erfolg von Gerinneaufweitungen ist im Wesentlichen abhängig von der Grösse der Aufweitung, der Nähe zu naturnahen Bereichen und dem Geschiebehaushalt.

(6) Grundsätzlich zeigt sich, dass Gerinneaufweitungen geeignete Massnahmen zur Förderung und Wiederherstellung auetypischer Arten- und Lebensgemeinschaften sind. Die untersuchten Aufweitungen weisen jedoch, aufgrund der geringen Flächenausdehnung, nur einen Ausschnitt des natürlichen Spektrums an Auenlebensräumen auf. Aufweitungen fördern im Wesentlichen Pionierhabitate und -arten.

(7) Im Vergleich zu naturnahen Auen ist das Lebensraummosaik der Aufweitungen kleinteiliger und komplexer.

Damit ist festzuhalten, dass Aufweitungen zwar naturnahe Auen nicht ersetzen können, aber einen wertvollen Beitrag zu Schutz und Förderung auetypischer Lebensräume leisten, deren Potenzial in der Schweiz bei weitem noch nicht ausgeschöpft ist!

Literatur

Ellenberg, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 5., stark veränderte und verb. Aufl. ed. Ulmer, Stuttgart, 1095 S.

Hamazaki, T. (1996): Effects of patch shape on the number of organisms. Landscape Ecology 11: 299–306.

Hering, D. & *Plachter, H.* (1997): Riparian ground beetles (Coleoptera, Carabidae) preying on aquatic invertebrates: a feeding strategy in alpine floodplains. Oecologia 111: 261–270.

Hunzinger, L. (2004): Flussaufweitungen: Möglichkeiten und Grenzen. Wasser, Energie, Luft 9/10: 243–249.

Kuhn, N. (1987): Schematische Darstellung der Vegetation Mitteleuropas. Natur und Landschaft 62: 484–485.

McGarigal, K. & *Marks, B.* (1995): FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 122 S.

Moor, M. (1958): Pflanzengesellschaften schweizerischer Flussauen. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen 34: 221–360.

Oberdorfer, E. (1992): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil I: Fels- und Mauergesellschaften, alpine Fluren, Wasser-, Verlandungs- und Moorgesellschaften. Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, New York, 314 S.

Oberdorfer, E. (1993): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil III: Wirtschaftswiesen und Unkrautgesellschaften. Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, New York, 455 S.

Pantke, R. (2003). Pflanzengesellschaften der Schweiz. Juni 2003. http://131.152.161.2/veghelv/index.html

Pinay, G., Clément, J. C. & *Naiman, R. J.* (2002): Basic Principles and Ecological Consequences of Changing Water Regimes on Nitrogen Cycling in Fluvial Systems. Environmental Management 30: 481–491.

Reich, M. (1994): Kies- und schotterreiche Wildflusslandschaften – primäre Lebensräume des Flussregenpfeifers (Charadrius dubius). Vogel und Umwelt 8: 43–52.

Rempel, L. L., Richardson, J. S. & *Healey, M. C.* (1999): Flow refugia for benthic invertebrates during flooding of a large river. Journal of the North American benthological Society 18: 34–48.

Rohde, S. (2004): River widenings: Potential and limitations to re-establish riparian landscapes. Assessment and planning. Diss ETH no. 15496.

Tockner, K., A. Paetzold, U. Karaus, C. Claret & *J. Zettel* (2005): Ecology of braided rivers, in G. H. Sambrock Smith, J. L. Best, C. S. Bristow, and G. Petts, editors. Braided Rivers – IAS Special Publication. Blackwell, Oxford. In press.

Wintersberger, H. (1996): Spatial resource utilisation and species assemblages of larval and juvenile fish. Archiv für Hydrobiologie/Supplement 115: 29–44.

Anschrift der Verfasserin

Dr. *Sigrun Rohde,* WSL, Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf.