

Sigrun Rohde

**Integrales Gewässermanagement
Erkenntnisse aus dem Rhône-Thur Projekt
Synthesebericht Gerinneaufweitungen**

Mit Beiträgen von:

Marco Baumann (AfU, Kanton Thurgau), Florence Capelli (EAWAG), Lukas Hunzinger (Schälchli, Abegg & Hunzinger), Berit Junker (WSL), Christian Marti (VAW), Armin Peter (EAWAG), Matthias Oplatka (AWEL Kanton Zürich), Patricia Requena (VAW), Christian Roulier (Auenberatungsstelle) und Urs Vogel (Limnex AG) für Beratung bzw. die Bereitstellung von Daten u. Bildmaterial.

Mein Dank geht an:

BUWAL, BWG, WSL, EAWAG und die Kantone Wallis und Thurgau für die finanzielle Unterstützung des Rhône-Thur Projektes.

Zitierung

Rohde, S. 2005:
Integrales Gewässermanagement - Erkenntnisse aus dem Rhône-Thur Projekt. Synthesebericht Gerinneaufweitungen.
Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf.

Ziele und Erfahrungen

1 Sohlenstabilisierung

1.1 Ziel

Die Aufweitung soll dazu beitragen, eine Sohlenerosion zu verlangsamen bzw. zu stoppen. Gleichzeitig wird die Gewässerdurchgängigkeit gewährleistet.

1.2 Bisherige Erfahrungen aus Forschung und Praxis

1.2.1 Sohleneintiefung

Die Ausführungen beziehen sich auf die Verhältnisse von Kies führenden Flüssen im alpinen und voralpinen Raum. Für eine Übertragung auf Tieflandflüsse müssen die unterschiedlichen morphologischen Charakteristika berücksichtigt werden

Viele kanalisierte Flüsse tendieren zur Sohleneintiefung. Diese kann z. B. zum Unterspülen von Ufersicherungen, Hochwasserschutzdämmen, Brückenfundamenten etc. und zur Absenkung des Grundwasserspiegels führen. Ursachen für die Sohlenerosion sind einerseits die erhöhte Transportkapazität eines kanalisiertes Flusses und andererseits die verminderte Zufuhr von Geschiebe aus dem Einzugsgebiet (Rückhalt in Geschiebesammlern, durch die Verbauung von Rinnen und Runsen oder durch Kiesbaggerungen). Traditionellerweise versucht man die Sohlenerosion lokal mit dem Bau von Schwellen und Rampen einzudämmen, welche jedoch für Fische und andere Wasserlebewesen häufig ein unüberwindbares Hindernis darstellen. Eine wasserbauliche Alternative dazu sind Flussaufweitungen.

Durch den Bau von Aufweitungen kann die Sohlenerosion verlangsamt bzw. gestoppt und ein durchgängiges Gewässer gewährt werden.

1.2.2 Wirkungsweise einer Aufweitung

Ablagerungs- und Erosionstendenzen sind das Ergebnis einer Bilanzierung von Geschiebeeintrag und Transportkapazität des betrachteten Flussabschnittes. Ist die Transportkapazität grösser als der Geschiebeeintrag, kommt es zur Sohlenerosion und das Gefälle flacht ab. Umgekehrt verhält es sich, wenn der Geschiebeeintrag grösser ist als die Transportkapazität. Dann lagert sich Material ab und das Gefälle nimmt zu. Die Erosion (bzw. Ablagerung) schreitet solange fort, bis sich Gefälle einstellt, das dem aktuellen Geschiebeeintrag entspricht. Ist dies der Fall, spricht man vom Gleichgewichtsgefälle. Bei gegebenem Geschiebeeintrag lässt sich die Transportkapazität, und damit das Gleichgewichtsgefälle, über die Breite des Gerinnes regeln.

Die meisten kanalisiertes und begradigten Flüsse haben eine Breite nahe der maximalen Transportkapazität. Da diese vielfach den Geschiebeeintrag übersteigt, kommt es zur Sohlenerosion. Werden diese Flüsse aufgeweitet sinkt die Geschiebetransportkapazität aufgrund der reduzierten Sohlschubspannung (Schleppspannung) und Geschiebe lagert sich ab. Dies führt dazu, dass sich das Gleichgewichtsgefälle erhöht und entlang der Aufweitung eine grössere Höhendifferenz überwunden wird, als auf einem gleich langen Abschnitt mit der ursprünglichen Breite. Bei genügendem Geschiebeeintrag setzt sich diese grössere Höhendifferenz nach oben fort und führt im Oberwasser der Aufweitung

zu der gewünschten Sohlenhebung. Dabei ist das Ausmass der Sohlenhebung abhängig von der Länge und der Breite der Aufweitung.

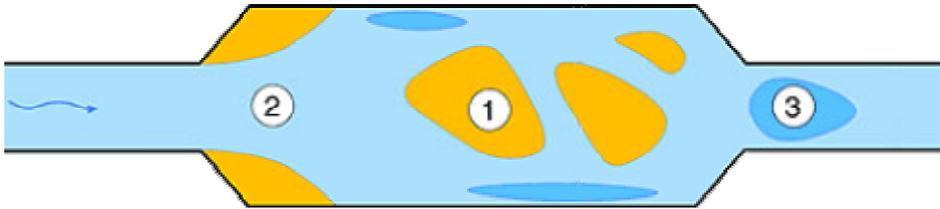


Abb.1: Schematische Darstellung der morphologischen Prozesse in einer lokalen Aufweitung (Hunzinger, 2004) (1: Bank- u. Kolkbildung, 2: allmähliche Erweiterung, 3: Kolk bei Verengung).

1.2.3 Entwicklungstendenzen

In der Anfangsphase nach dem Bau herrscht in der Aufweitung eine Ablagerungstendenz und der Fluss ist durch zahlreiche kleine, flache und dynamische Teilgerinne geprägt. Mit der Zeit geht der aufgeweitete Abschnitt dann in einen weniger dynamischen Gleichgewichtszustand über.

Beobachtungen zeigen, dass sich jedoch bei Erosionstendenz (verursacht durch einen anhaltenden Geschiebemangel) seltener Teilgerinne und Inseln bilden. Selbst bei genügender Breite verzweigt sich das Gerinne in solchen Fällen meist nicht und es bleibt bei einem Einzelgerinne.

In Gewässern, in denen das allgemeine Geschiebedefizit nicht behoben wird, fehlt das Geschiebe aus dem Oberlauf, um auch in der Aufweitung die Sohle über eine längere Zeit stabil zu halten. Früher oder später unterliegt die Sohle dieser Gewässer auch in der Aufweitung einem Erosionstrend.

Beispiel Emme (Aefligen, Kt. BE):

Bei der Aufweitung der Emme bei Aefligen („Birne Emme“) wurde das Flussbett auf einer Länge von 30 m auf 65-85 m aufgeweitet. Die Sohlenaufnahmen zeigen ein maximales Gefälle in der Aufweitung von 4.1 ‰ (1999). Das ist nur wenig mehr als das ursprüngliche Gefälle von 3.8 ‰ (1990). Aus den Sohlenaufnahmen lässt sich darum auch nicht eindeutig nachweisen, dass die Aufweitung stabilisierend auf die Sohle wirkt. Die Sohle liegt im Oberwasser der Aufweitung zwar rund 8 cm höher als noch 1990, Sohlendifferenzen derselben Größenordnung sind aber auch im Unterwasser fest zu stellen. Berücksichtigt man aber, dass die Emme einem allgemeinen Erosionstrend unterliegt und dass für den betreffenden Abschnitt eine Sohlenerosion prognostiziert wurde (VAW, 1987), ist die Bilanz dennoch positiv.

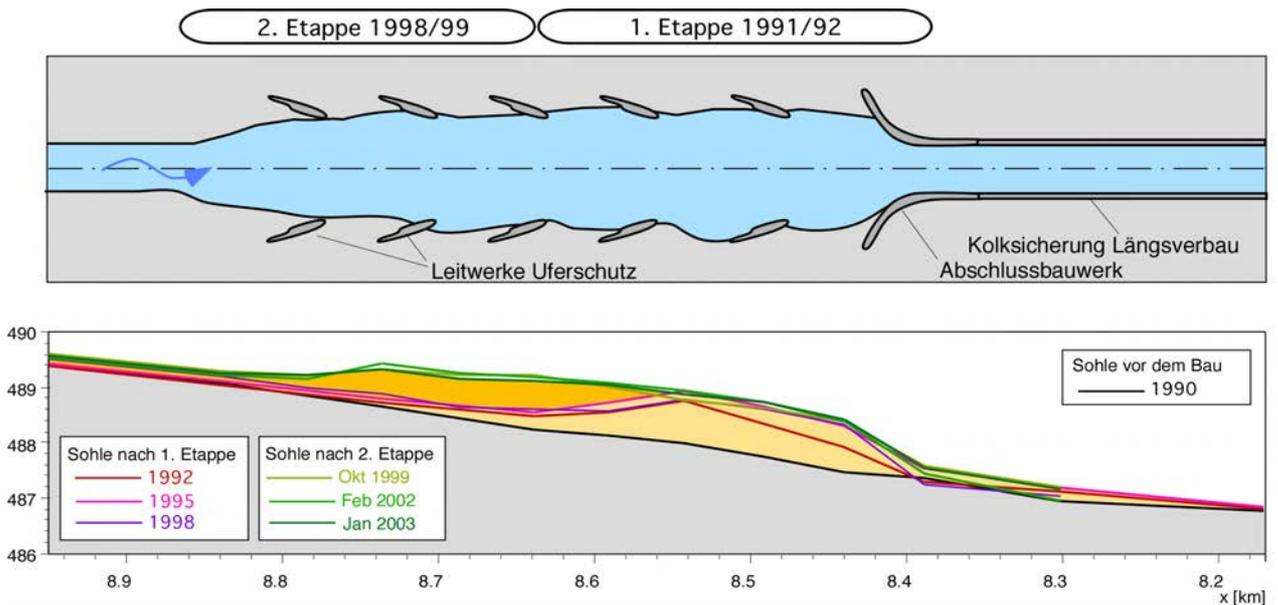


Abb. 1: Situation und Sohlenveränderungen in der Emmeaufweitung bei Aeffligen. (Hunzinger 2004)

2 Hochwasserschutz

2.1 Ziel

Erhöhung der Hochwassersicherheit durch Senkung der Wasserspiegellage und verbesserte Gerinnestabilität.

2.2 Bisherige Erfahrungen aus Forschung und Praxis

2.2.1 Senkung der Wasserspiegellage

Durch eine Aufweitung erhöht sich der Abflussquerschnitt eines Gerinnes. Dadurch liegt der Wasserspiegel in der Aufweitung tiefer als im kanalisiertem Gerinne (= Gewinn an Freibordhöhe) (Abb.1). Zudem sind die Fließgeschwindigkeiten geringer. Beide Faktoren reduzieren die Überflutungsgefahr. Es ist jedoch zu beachten, dass am oberen Ende einer langen Aufweitung der Gewinn an Freibordhöhe durch die Sohlenhebung mit der Zeit wieder dezimiert werden kann.

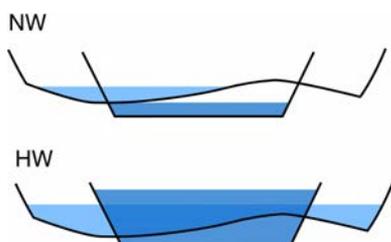


Abb. 1: Wasserspiegellagen bei Niederwasser und Hochwasser in einem kanalisiertem Gerinne und in einer Aufweitung (Hunzinger 2004)

Bitte beachten:

In Zusammenhang mit Hochwasserschutzmassnahmen wird Aufweitungen häufig eine grosse Retentionswirkung zugesprochen. Dies ist jedoch nicht der Fall, denn

der Grad der Reduktion der Abflussspitzen durch Retention hängt wesentlich vom Verhältnis des Hochwasservolumens zum Retentionsvolumen ab. Gerinneaufweitungen sind jedoch so klein, dass ihr Retentionsvolumen als vernachlässigbar bzw. nicht existent zu bezeichnen ist. Um eine spürbare Retentionswirkung zu erzielen, müssen der Flusslauf verlängert und grosse Überflutungsbereiche bereitgestellt werden.

2.2.2 Verbesserte Gerinnestabilität

Viele kanalisierte Flüsse tendieren zur Sohleneintiefung. Diese kann zum Unterspülen und damit zum Versagen von Bauten am Ufer (Ufersicherung, Hochwasserschutzdämme, Brückenfundationen) führen. Durch den Bau von Aufweitungen kann die Sohlenerosion gestoppt bzw. rückgängig gemacht werden. Durch die erhöhte Gerinnestabilität leisten Aufweitungen einen wirksamen Beitrag zum Hochwasserschutz.

3 Wasserqualität

3.1 Ziel

Durch die Vergrößerung der „biologisch aktiven Fläche“ solle die Selbstreinigungskraft erhöht und dadurch die Wasserqualität verbessert werden

3.2 Bisherige Erfahrungen aus Forschung und Praxis

Die organische Belastung (= Saprobität) eines Gewässers lässt sich unter anderem anhand der im Wasser lebenden Wirbellosen (Benthos) bestimmen. Die grosse Aufweitung „Schaffäuli“ an der Thur deutet auf einen möglichen, positiven Einfluss der Aufweitung auf die Wasserqualität hin (Abb. 1 und 2):

Oberhalb der Mündung der Murg in die Thur zeigen die Benthosorganismen eine mässig organische Gewässerbelastung (beta-mesosaprob) an. Durch den Zufluss der Murg verschlechtert sich die Wasserqualität und weist eine leicht erhöhte organische Belastung auf. In diesem Abschnitt sind vermehrt alpha-mesosaprobe Benthosorganismen (Anzeiger für eine starke organische Gewässerbelastung) anzutreffen. Im Schaffäuli (grosse Aufweitung) unterhalb der Murgmündung nimmt der Anteil dieser Arten jedoch wieder ab. Es ist davon auszugehen, dass sich Aufweitungen grundsätzlich positiv auf die Selbstreinigungskraft auswirken, eine Quantifizierung ist jedoch derzeit noch nicht möglich.

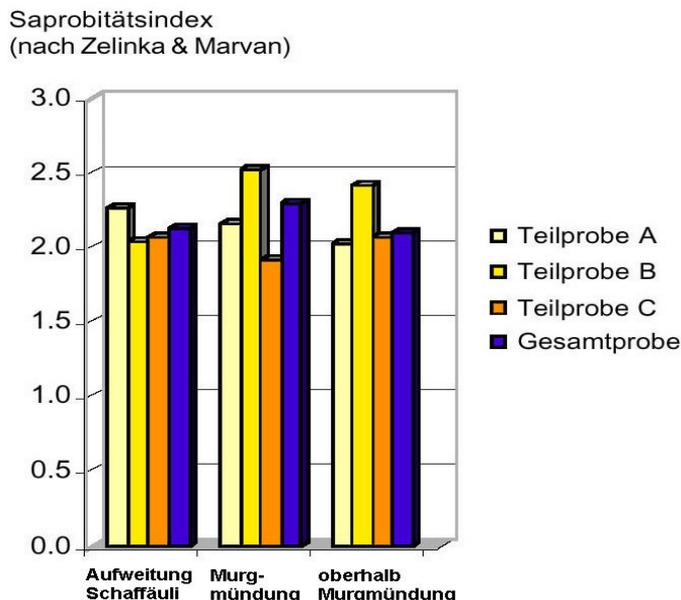


Abb.1: Möglicher positiver Einfluss der Aufweitung auf die Wasserqualität (Limnex 2004).

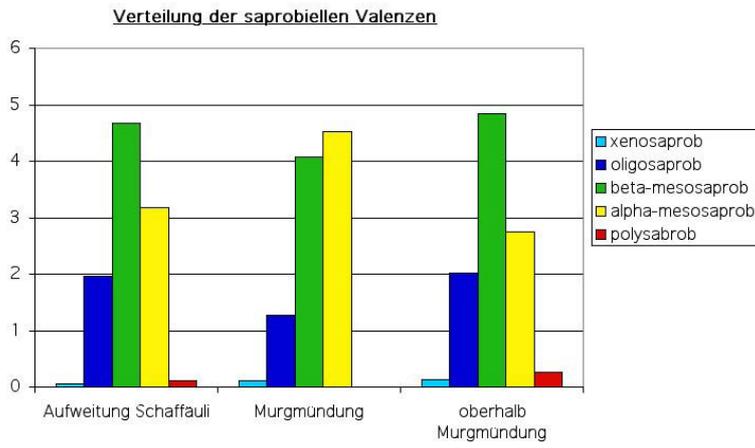


Abb.2: Verteilung der saprobiellen Varianzen (Limnex 2004).

4 Auentypische Lebensräume

4.1 Ziel

Durch die Aufweitung sollen auedynamische Prozesse initiiert und Lebensraum für auentypische Arten geschaffen werden.

4.2 Bisherige Erfahrungen aus Forschung und Praxis

4.2.1 *Mehr Spielraum = mehr Lebensraum!*

Durch die Gerinneaufweitung erhält der Fluss mehr Raum. Dadurch wird die Möglichkeit zur dynamischen Eigenentwicklung auentypischer Habitatverhältnisse gegeben und es stellen sich Lebensräume und Strukturen ein, die vor der Durchführung der Massnahme nicht vorhanden waren bzw. in der verbleibenden Regulierungsstrecke eher selten anzutreffen sind. Die Gerinnemonotonie wird aufgelöst und die Habitatverhältnisse im und am Fluss werden qualitativ stark verbessert.

Am augenfälligsten ist, dass sich bei kiesführenden, (vor-)alpinen Flüssen der ehemals kanalisierte Flusslauf in mehrere Teilgerinne aufteilt (pendelnd-furkierender Lauf), sich Inseln und Kies-/Sandbänke unterschiedlicher Entwicklungsstufen (Sukzession) bilden und Abbruchufer entstehen. Bei natürlicherweise mäandrierenden Flüssen kommt es dagegen eher zur Ausbildung von Prall- und Gleithängen. Im Gerinne selbst entstehen durch die Profilaufweitung verschiedene Gewässerbettformen mit unterschiedlichen Wassertiefen und Strömungsmustern.

Aufgrund der geringen Flächenausdehnung bisheriger Aufweitungen konnte jedoch nur ein Ausschnitt des natürlichen Spektrums an Auenlebensräumen wiederhergestellt werden. Von Aufweitungen profitieren bisher im Wesentlichen Pionierhabitats. Auengebüsche kommen nur kleinflächig vor und Auwälder fehlen aufgrund der geringen Grösse ganz. Im Vergleich zu naturnahen Auen ist das Lebensraummosaik der Aufweitungen kleinteiliger und komplexer.

Dennoch gilt es festzuhalten, dass Aufweitungen zwar naturnahe Auen nicht ersetzen können, aber einen wertvollen Beitrag zu Schutz und Förderung auentypischer Lebensräume leisten!

siehe auch im ANHANG:

- Habitatkarten
- Vorher/Nachher-Vergleich

4.2.2 *Durch Aufweitungen wiederhergestellte auentypische Lebensräume*

Alle hier vorgestellten Lebensräume sind in mehr oder weniger stark ausgeprägter Form in allen Untersuchungsgebieten anzutreffen

Riffle-Pool-Sequenzen sind Fliessgewässerabschnitte, in denen abwechselnd Bereiche mit hohen Fliessgeschwindigkeiten und niedriger Wassertiefe (Riffle, Stromschnelle, Furten) und Bereich mit niedrigeren Fliessgeschwindigkeiten und höheren Wassertiefen auftreten. So wurden, zum Beispiel, in einem Riffle in der jüngsten Aufweitung der Thur (Schaffäuli) die bei weitem grössten Fliessgeschwindigkeiten sowohl an der Wasseroberfläche wie über Grund festgestellt. Während die Strömung der übrigen Thur unter 1 m/s liegt, wurden hier Strömungsgeschwindigkeiten von bis zu 1.8 m/s bei Niederwasser gemessen. Riffle stellen beispielsweise für kieslaichende Arten wichtige Laichareale dar. Die Bereiche mit geringerer Strömung (Pool, Stromstille) werden hingegen bevorzugt von Jungfischen aufgesucht.

Rinnen entstehen durch die Aufteilung des kanalisierten Flusslaufes in mehrere Teilgerinne. In den Aufweitungen teilt sich der Fluss meist in ein Hauptgerinne und in ein Nebengerinne. Durch die unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten innerhalb des Gerinnequerprofils dienen Rinnen sowohl als Einstandsbereich für adulte Fische, als auch als Aufenthaltsort für Brut und Jungfische.

Kolke entstehen am Zusammenfluss von Teilgerinnen und im Einfluss von Strömungshindernissen (z.B. Bühnen). Sie sind durch geringe Fliessgeschwindigkeiten bzw. Kehrströmungen und grosse Wassertiefen gekennzeichnet. Während Niederwasserperioden sind Kolke wichtige Rückzugsräume für Fische.

Prall- und Gleithänge entstehen durch unterschiedlich starke Strömungen im Querprofil eines Gerinnes. Prallhänge (steile Ufer) entstehen durch grosse Strömungsgeschwindigkeiten, und die damit verbundene Erosionskraft, am äusseren Ufer eines Gerinnes; Gleithänge (flache Ufer) entstehen am inneren Ufer, bei dem niedere Strömungsgeschwindigkeiten vorherrschen und Sediment abgelagert wird. Flache Uferpartien ermöglichen das Aufkommen von Röhrichten während Abbruchkanten beispielsweise die Brutmöglichkeiten des Eisvogels erhöhen (z.B. an der Thur). In den folgenden Aufweitungen bildeten sich ausgeprägte Prallufer (Abbruchkanten):

Aufweitungsstrecke Thur-Gütighausen:

in einem Bühnenzwischenraum, ca. 20m lang, 1.7m hoch;

Aufweitungsstrecke Emme-Aefligen:

in einem Bühnenzwischenraum, ca. 50m lang, 2m hoch;

Aufweitungsstrecke Moesa-Lostalio:

entlang des rechten Inselufers, ca. 100m lang, 1m hoch.

Vegetationslose bis vegetationsarme Kies- und Sandbänke/-inseln liegen in der Wasserwechselzone und treten nur zu Nieder- bis Mittelwasserzeiten in Erscheinung. Sie stellen die augenscheinlichste Veränderung nach der Gerinneaufweitung dar und dominieren das Erscheinungsbild aller untersuchten Aufweitungen. Da sich diese Lebensräume im dynamischen Gerinnebereich befinden und daher häufiger überflutet bzw. umgelagert werden, wachsen auf ihnen nur vereinzelt (einjährige) Pionierpflanzen. Die jährliche Überschwemmungsdauer und -häufigkeit, insbesondere während der Keimungsphase, verhindert, dass sich ein dichter Vegetationsbestand entwickeln kann. Diese „offenen“ Kiesflächen stellen zudem potentielle Bruthabitate für den Flussregenpfeiffer dar. So konnte beispielsweise an der Thur ein Erfolg verzeichnet werden: dank der neu entstandenen Kiesbänke hat der Flussregenpfeiffer zum ersten Mal seit 161 Jahren im zürcherischen Abschnitt der Thur wieder erfolgreich gebrütet.

Pionierfluren konnten in allen Untersuchungsgebieten angetroffen werden. Sie bilden lückige bis lockere Bestände auf Kies- und Sandbänken/-inseln. Sie liegen meist über dem alljährlich überfluteten Bereich und unterliegen daher seltener, den mit Überflutung einhergehenden, Umlagerungs- u. Zerstörungsprozesse. Dadurch ist die Entwicklung dichter und mehrjähriger Pflanzenbestände möglich.

Auengebüsche treten kleinflächig an allen untersuchten Aufweitungen auf. Dabei handelt es sich häufig um Mischbestände aus Anpflanzungen zum Uferschutz (Weiden) und natürlichen Beständen (jene der Inseln). Diese Gebüsch aus Weiden, Erlen, Sanddorn und Tamariske wachsen auf höher gelegenen, und damit selten gestörten (Hydrodynamik, Morphodynamik) Standorten. Dabei handelt es sich entweder um höher gelegene Uferbereiche oder hoch aufgeschichtete Kies- und Sandbänken/-inseln. Da die Flussläufe aller Aufweitungen jedoch unter mangelnder Geschiebezufuhr leiden (bedingt durch Geschiebesammler bzw. Verbauung von Rinnen und Runsen im Einzugsgebiet), kommen solche hoch aufgeschichteten Inseln ohne menschliches Zutun kaum zustande. So wurden die Inseln in der Aufweitung der Emme bei Aefligen und Moesa bei Lostallo mit Hilfe des Baggers aufgeschüttet. Letztere wurden zusätzlich mit Blockwurf gesichert. Dies ermöglicht auf der einen Seite die Entwicklung von Auengebüschen, schränkt aber auf der anderen Seite die natürliche Morphodynamik ein.

4.2.3 Auentypische Lebensräume, die sich bisher noch nicht etablieren konnten

Auenwälder treten natürlicherweise an höher gelegenen Auenbereichen auf, die nur episodisch überflutet werden. Aufweitungen hingegen beschränken sich bisher jedoch auf den dynamischen und damit häufig überfluteten Teil des Flusses, so dass sich hier keine Auenwälder entwickeln können. Für eine Wiederherstellung von Auenwäldern wären weiterreichende, grössere Aufweitungen nötig. Häufig befinden sich in der Nähe der Aufweitungen jedoch Reliktorkommen von Auenwäldern. Diese können z.B. durch Reaktivierung von Altarmen wieder an das Fliessgewässersystem angebunden werden und damit das neu entstandene Lebensraumgefüge der Aufweitung ergänzen.

5 Pflanzen

5.1 Ziel

Durch die Aufweitung sollen auedynamische Prozesse initiiert und Lebensraum für auetypische Arten geschaffen werden.

5.2 Bisherige Erfahrungen aus Forschung und Praxis

5.2.1 Nachgewiesene auetypische Pflanzen

Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass Aufweitungen einen wichtigen Beitrag zu Förderung und Schutz auetypischer Arten leisten können. So wurden an den untersuchten Aufweitungen (Abb.1) insgesamt 30 auetypische Pflanzenarten der Klassen 1+2 gefunden (siehe ANHANG). Unter „auetypischer Arten“ versteht man Arten, die für ihr Überleben im Wesentlichen auf Auen angewiesen sind bzw. ihren natürlichen Verbreitungsschwerpunkt in Auen haben (s. Abb. 2a+b).

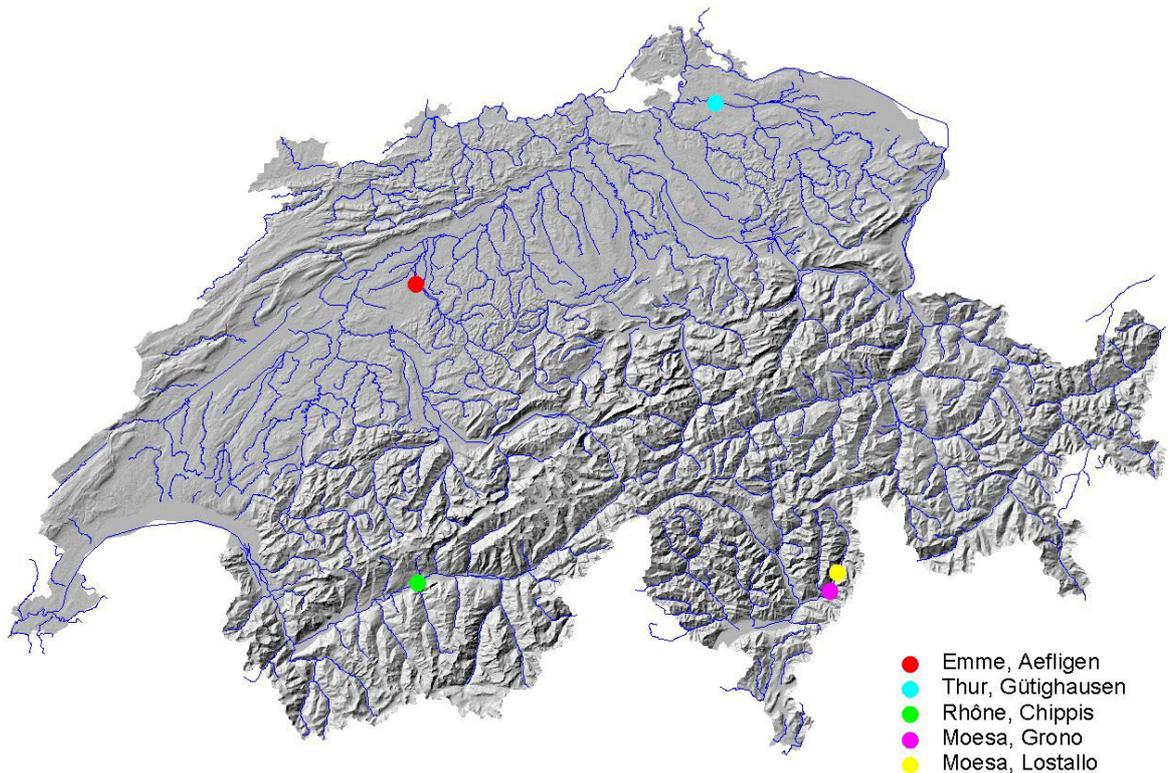


Abb.1: Untersuchte Aufweitungen (Rohde 2004)



Abb. 2a: Fleischers Weidenröschen (Rohde 2004)



Abb. 2b: Rohrglanzgras (Rohde 2004)

Eine Liste mit den auetypischen Arten der Schweiz finden Sie im ANHANG.

Bei den vorgefundenen Arten handelt es sich hauptsächlich um (Pionier-)Arten der Kiesbänke und Ufer. Diese sind nicht nur in der Lage Trockenperioden zu überdauern, sondern auch in der Lage zeitweilige Überflutung ohne Dauerschaden zu überstehen oder sich rasch zu regenerieren. Ein Paradebeispiel hierfür 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 Arten der Auwälder.

5.2.2 *Es könnten noch mehr sein!*

Abbildung 3 zeigt wie viel auetypische Arten in den Aufweitungen nachgewiesen wurden und wie viele Arten es sein könnten. Denn der „Artenpool“ enthält alle auetypischen Arten, die aktuell im Einzugsgebiet der Aufweitung vorkommen und daher als potenzielle Besiedler der Aufweitungen zu betrachten sind. Sie sehen, dass mit den bestehen Aufweitungen zwar schon einiges erreicht wurde, aber der Artenpool bei weitem noch nicht ausgeschöpft ist. Es liegt noch mehr drin!

Vergleich zwischen Artvorkommen in der Aufweitung und dazugehörigem Artenpool

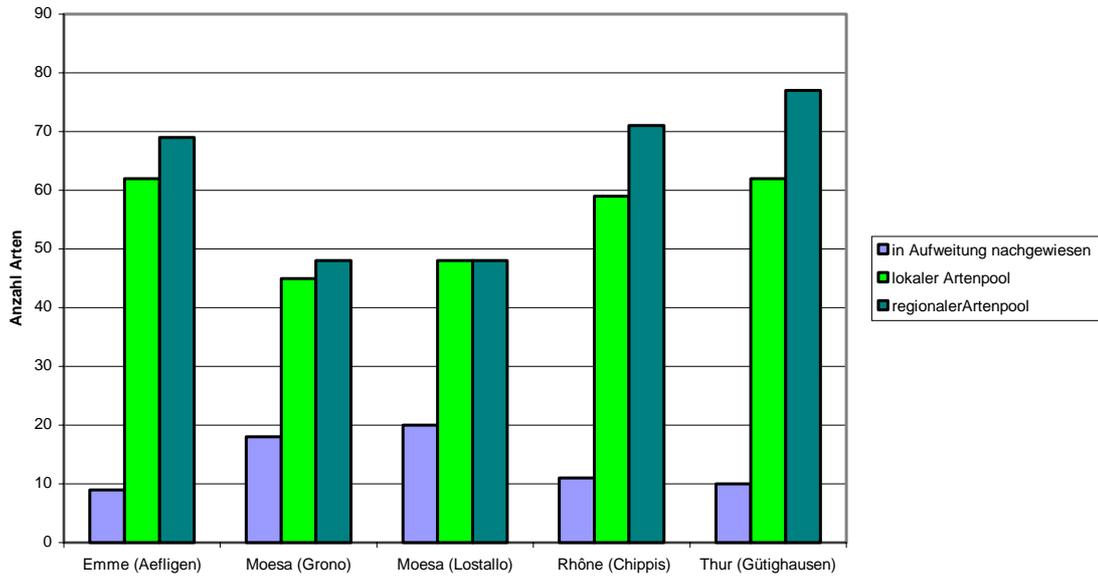


Abb.3: Vergleich zwischen Artvorkommen in der Aufweitung und dazugehörigen Artenpools (Rohde, 2004).

Bestimmung des Artenpools

Die Bestimmung des Artenpools basiert auf der SwissWebFlora. Diese enthält eine Einteilung der Schweiz in 593 Kartierflächen und Informationen zum Artvorkommen in diesen Kartierflächen.

Vorgehen:

1. Auswahl jener Kartierflächen, die der betreffende Fluss oberhalb der Aufweitung durchfließt.
2. Die Arten, die in mindestens einer, der in Schritt 1 ausgewählten Kartierflächen vorkommen und gleichzeitig auf der Liste der aueotypischen Arten (Klasse 1 und 2) stehen, bilden den *regionalen Artenpool* (Abb.4)
3. Jene aueotypische Arten der Kartierfläche, in der sich auch die Aufweitung befindet bilden den *lokalen Artenpool* (Abb.4).

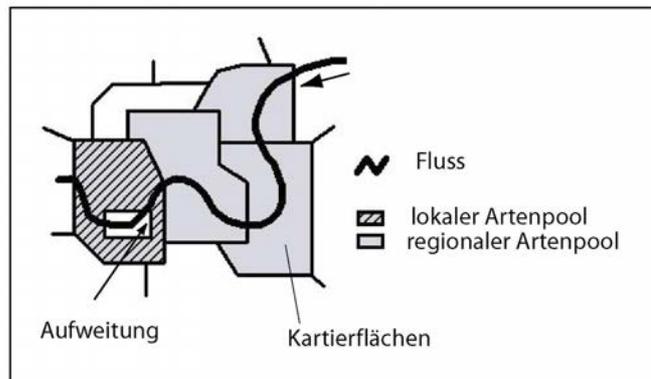


Abb.4: Bestimmung des lokalen u. des regionalen Artenpools (Rohde, 2004).

5.2.3 Vegetationsdynamik

Überflutungsereignisse und Geschiebeumlagerungen führen zu einer ständigen Veränderung der Pflanzenbestände einer Aue (Vegetationsdynamik). So können über die Jahre an ein und demselben Standort frei fließendes Wasser, vegetationslose Kies- und Sandbänke, Schwemmlingsfluren, Pioniervegetation und Auengebüsche beobachtet werden. Dabei folgt die Vegetationsentwicklung nicht immer gerichtet gemäss diesem Sukzessionsmodell. Es können Stufen „übersprungen“ werden oder die Vegetationsentwicklung kann durch (regelmässige) Hochwasserereignisse zurückgeworfen werden.

Die Vegetationsentwicklung innerhalb der Aue ist in grossem Masse vom Zufall bestimmt und nicht vorhersehbar. Charakteristisch ist jedoch eine ständige Veränderung und stabile Vegetationsbestände können auf eine gestörte Auendynamik hinweisen.

Wie sich die Vegetation in den Aufweitungen an der Rhône und der Thur in den letzten Jahren entwickelt haben, können Sie den Abb. 5 & 6 entnehmen.

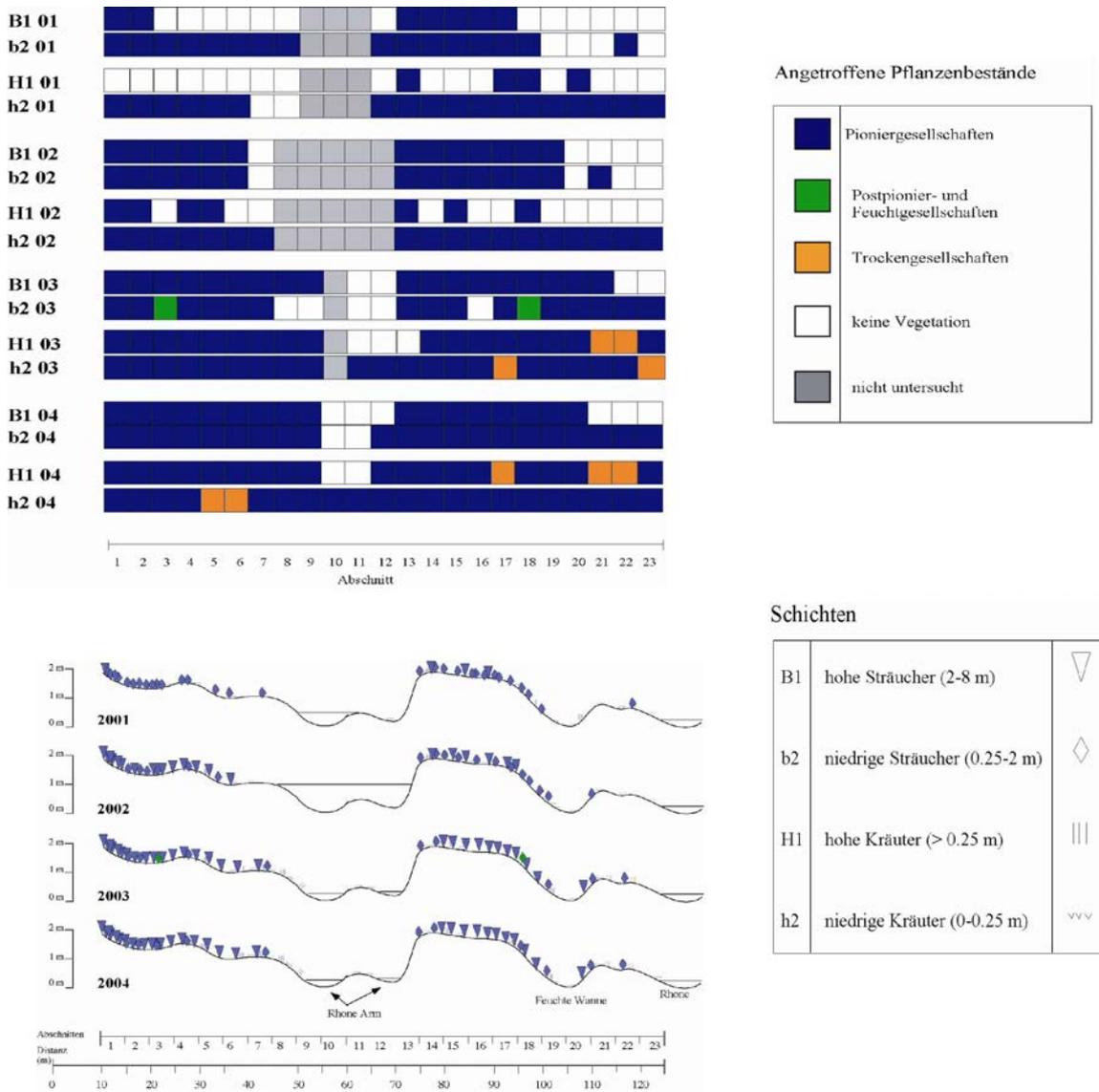


Abb.5: Vegetationsdynamik 2001-2004 an der Rhône-Aufweitung bei Chippis (Roulier & Vadi 2004).

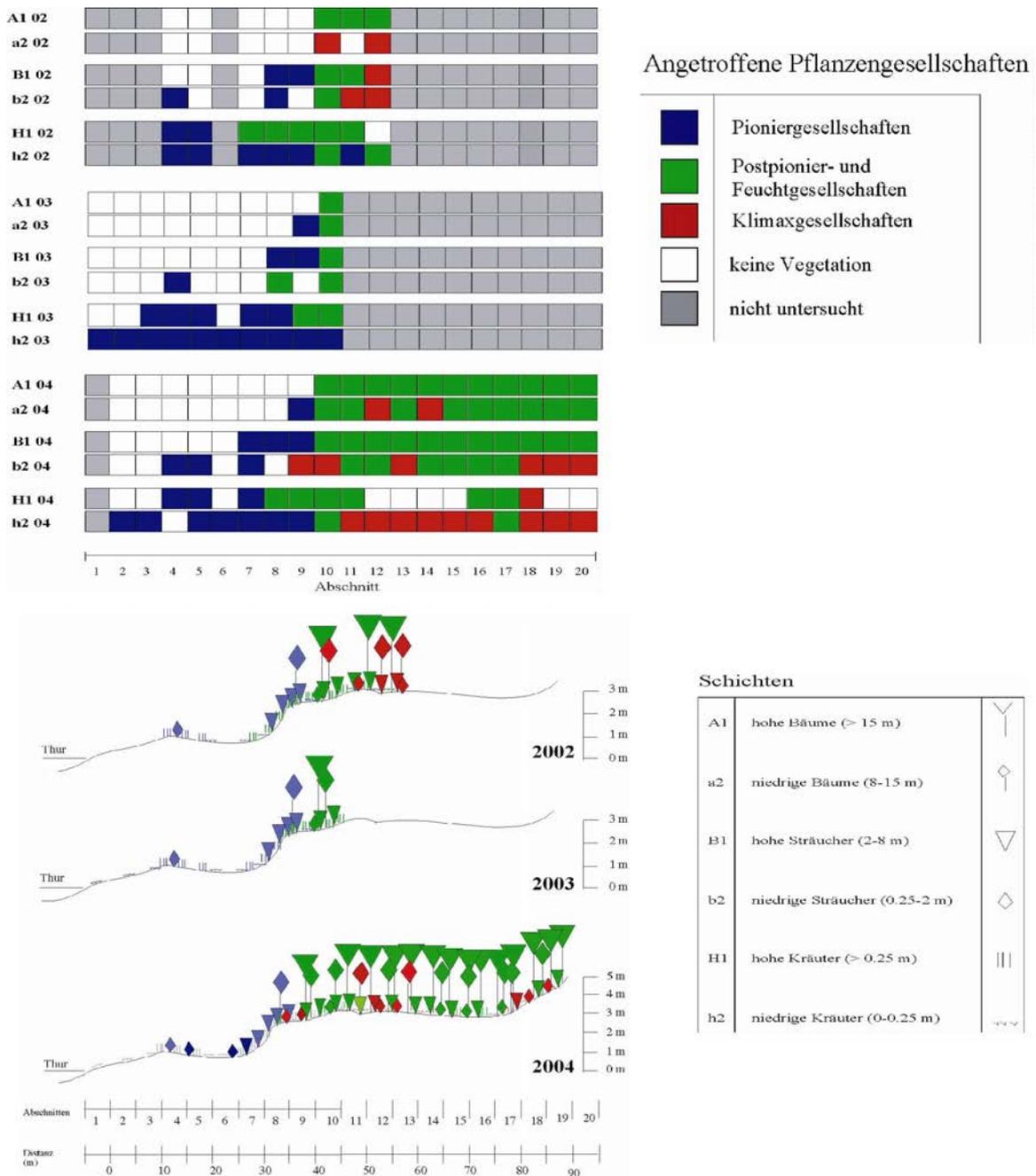


Abb.6: Vegetationsdynamik 2001-2004 an der Thur-Aufweitung bei Schafftäuli (Vadi & Roulier 2005).

5.2.4 Fördern Aufweitungen die Ausbreitung invasiver Neophyten?

Als „Neophyten“ bezeichnet man Pflanzen, die erst nach dem Ausgang des Mittelalters mit dem Einsetzen des weltumspannenden Fernverkehrs in die Schweiz gekommen sind. Unter diesen Neophyten befinden sich auch einige invasive Arten, die unter Umständen andere Arten von einem Standort verdrängen können, und daher in das Blickfeld des Artenschutzes geraten sind. Da sich gezeigt hat, dass invasive Arten insbesondere von dem Vorhandensein gestörter Habitats profitieren, stellt sich die Frage, ob Aufweitungen mit ihren Kiesbänken und neu geschaffenen Ufern die Ausbreitung invasiver Neophyten fördern?

Abb. 7 zeigt, dass in allen Aufweitungen Neophyten angetroffen wurden und, dass der prozentuale Anteil am Gesamtartenbestand etwas höher ist, als in den entsprechenden naturnahen Referenzstrecken. Bis auf eine Ausnahme handelt es sich jedoch in allen Fällen um vereinzelte Vorkommen. Lediglich an den beiden Aufweitungen an der Moesa konnte der Sommerflieder (*Buddleja davidii*) dominante Bestände aufbauen.

Eine spezielle Förderung von Neophyten konnte nicht nachgewiesen werden. Doch zeigt das Beispiel der Aufweitungen an der Moesa, dass das Aufkommen von auentypischen Arten durch invasive Neophyten eingeschränkt werden kann.

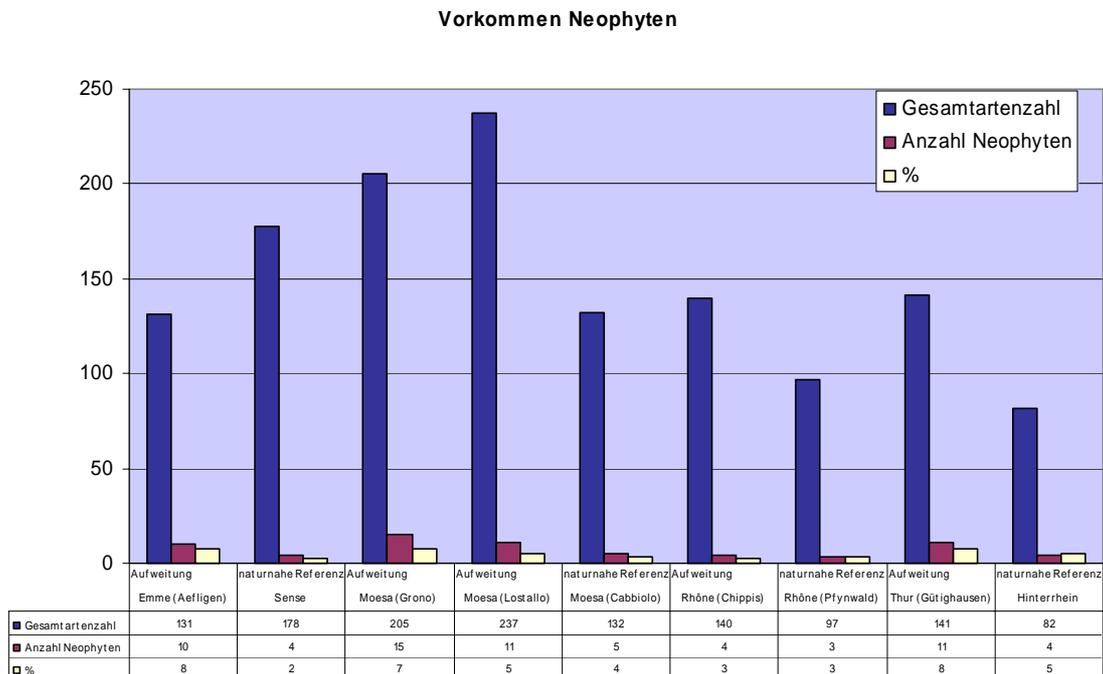


Abb.7: Neophytenvorkommen in den Aufweitungen und den dazugehörigen naturnahen Referenzstrecken (Rohde 2004)

6 Wirbellose Tiere der Gewässersohle (Makrozoobenthos)

6.1 Ziel

Durch die Aufweitungen sollen auendynamische Prozesse initiiert und Lebensraum für audentypische Arten geschaffen werden.

6.2 Bisherige Erfahrungen aus Forschung und Praxis

Die hier vorgestellten Ergebnisse beruhen auf Untersuchungen an der Thur aus dem Jahr 2003. Eine Abbildung mit den Untersuchungsergebnissen finden Sie im Anhang.

6.2.1 Artenvielfalt und Artenzusammensetzung

Wie sich eine Verbreiterung des Gerinnebettes auf die Artenzahl auswirkt, zeigt Abb. 1, welche eine – wenn auch nicht signifikante – positive Korrelation zwischen der benetzten Breite und der Artenzahl erkennen lässt. Dabei scheint der Zusammenhang jedoch nicht linear zu sein, denn die Untersuchungen an der Thur zeigen, dass sich die Artenzahlen zwischen kleinen Aufweitungen und kanalisiertem Gerinne kaum von einander unterscheiden (Abb. 2). Erst die grossen Aufweitungen weisen eine deutlich höhere Artenzahl als die begradigten Thurabschnitte auf (Abb. 2).

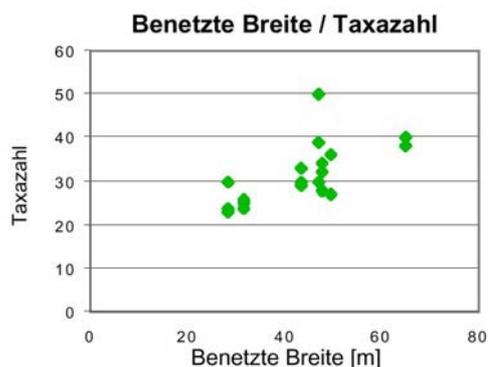


Abb.1: Auswirkungen der benetzten Breite auf die Artenvielfalt (Limnex 2004)

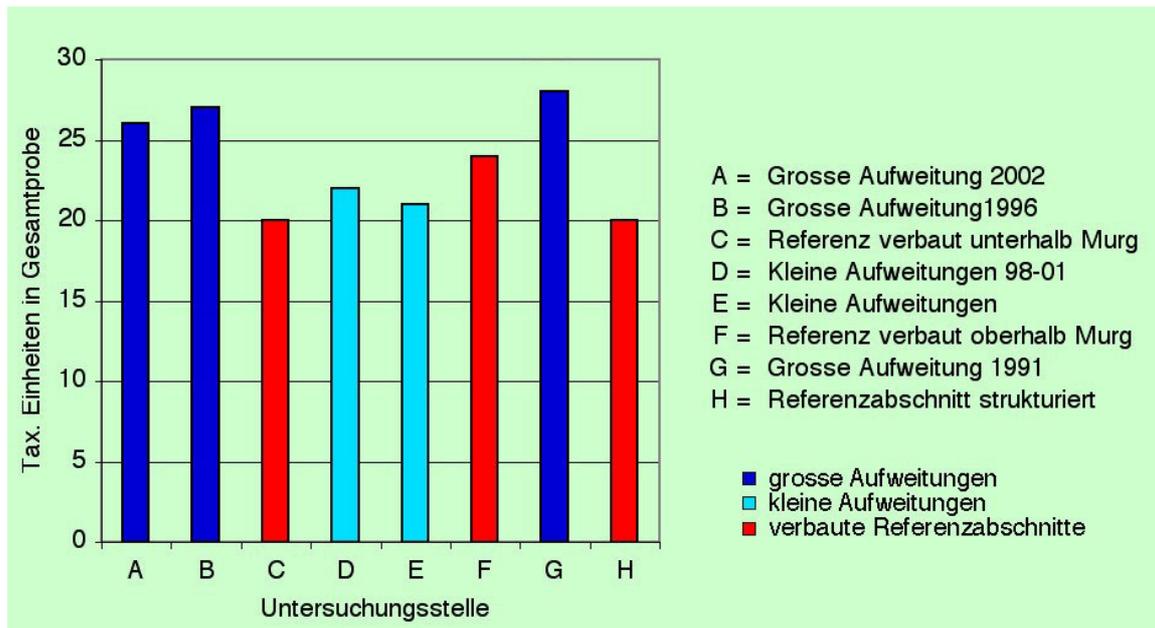


Abb. 2: Artenzahlen in verbauten Referenzabschnitten und in kleinen bzw. grossen Aufweitungen der Thur (Limnex 2004).

Die beobachteten Veränderungen in der Artenzusammensetzung lassen sich auf das veränderte bzw. erweiterte Spektrum der Habitat- u. Strömungsverhältnisse zurückführen. Im Gegensatz zu den begradigten Gerinneabschnitten zeigen die Aufweitungen eine grössere Variabilität der Wassertiefen und Strömungsgeschwindigkeiten (Abb. 3, Abb. 4 A-C). Denn durch die grossen Aufweitungen an der Thur wurden neu sowohl Seitentümpel u. -gerinne als auch Riffle mit starken Strömungen geschaffen, die von zusätzlichen Arten besiedelt werden. Ein Vergleich der Artenzusammensetzung zeigt, dass in den verbauten Gerinneabschnitten Arten dominieren, die eine mässig starke Strömung bevorzugen. Neben diesen kommen in den Aufweitungen zusätzlich solche Arten vor, die starke bis schiessende oder strömungsarme bis -freie Zonen bevorzugen (Tab.1). So konnten z.B. die strömungsliebende Köcherfliege (*Glossosoma bottoni*) und die Quellen-Blasenschnecke (*Physa fontinalis*), welche ruhige Gewässerzonen bevorzugt, ausschliesslich in den Aufweitungen gefunden werden. Arten wie diese finden in kanalisierten Strecken kaum geeignete Lebensräume und profitieren daher von dem Bau von Aufweitungen. Wie sich die Dominanzverhältnis der einzelnen Artengruppen zwischen kanalisierten und aufgeweiteten Strecken unterscheiden sehen Sie in Abb. 5.

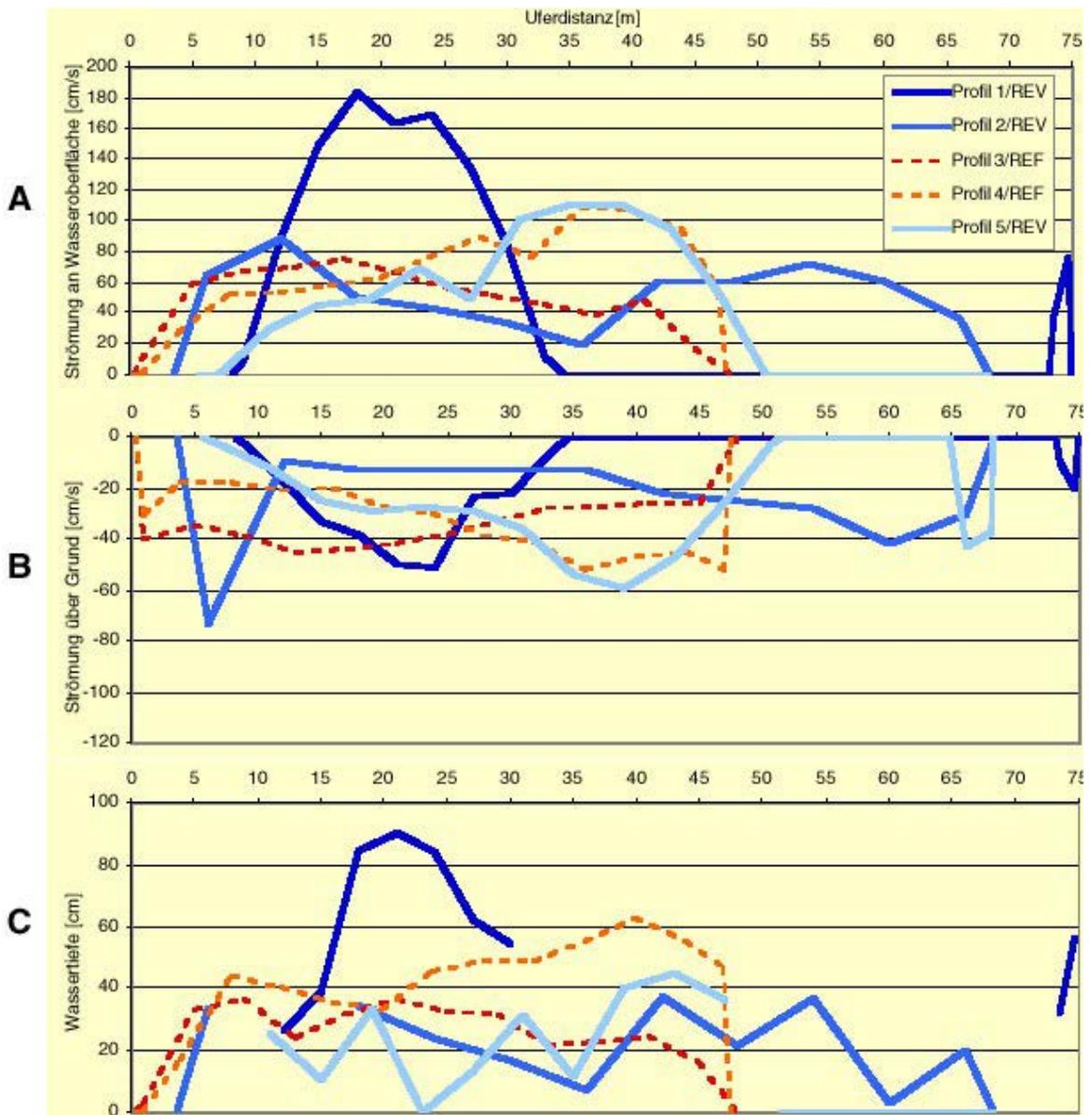


Abb. 3: Strömungsverhältnisse an der Wasseroberfläche (A) und über Grund (B) sowie Wassertiefen (C) der Thur zwischen Weinfelden und Niederneunforn (Limnex 2004)

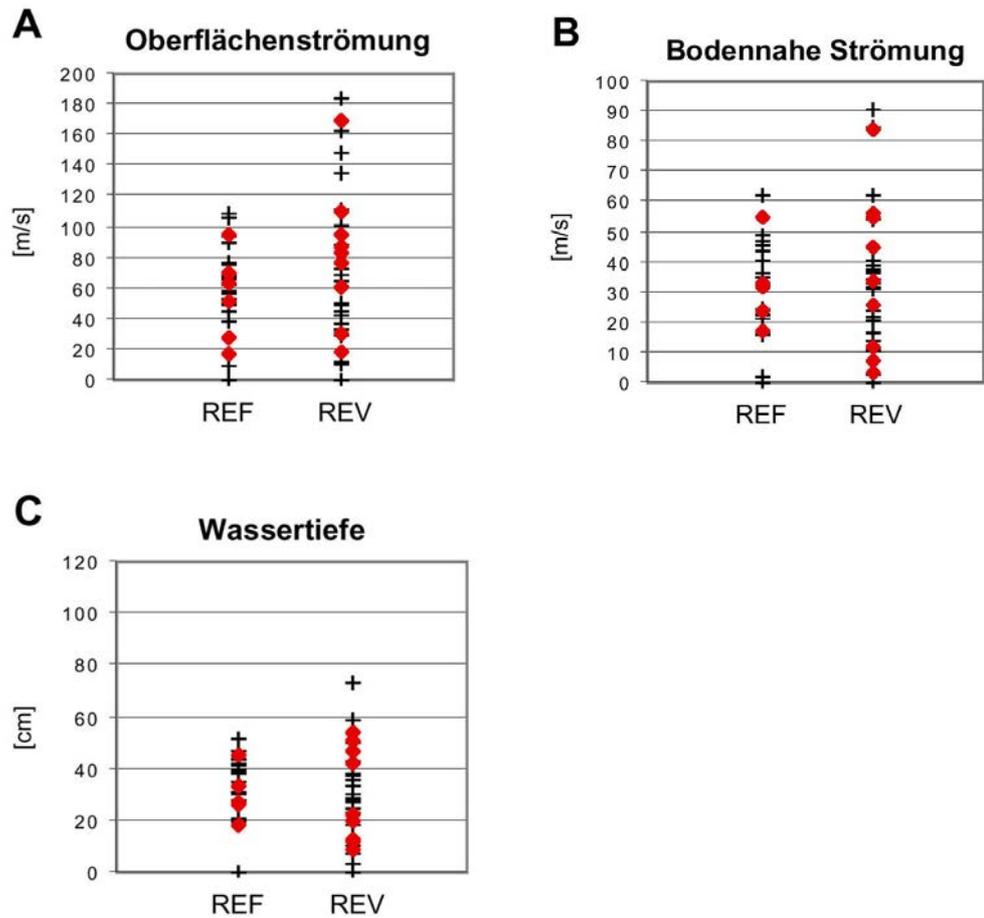


Abb.4: Variabilität von Oberflächenströmung, bodennaher Strömung und Wassertiefe (Limnex 2004).

- REV: Aufweitung,
- REF: kanal. Referenzstrecke
- benthologisch beprobte Stellen,
- + alle erhobenen Werte in den Querprofilen

Tab.1: Unterschiede im Artenspektrum zwischen verbauter und aufgeweiteter Thur.

Thur (verbaut)		Habitatanspruch	Thur-Aufweitung		Habitatanspruch
Name			Name		
lateinisch	deutsch		lateinisch	deutsch	
vorzugsweises Vorkommen					
<i>Naididae</i>	wenigborstige Würmer	belastete Gewässer	<i>Dicranota sp.</i>	Zweiflügler	rheophil
<i>Tanipodina</i>	Zuckmücken	Sommerwarme Tieflandflüsse	<i>Rhyacophila sp.</i>	Köcherfliege	rheophil
			<i>Heptageniida</i>	Eintagsfliege	rheophil
			<i>Simuliidae</i>	Kriebelmücken	rheophil
ausschliessliches Vorkommen					
<i>Tubificidae</i>	Bachröhrenwürmer	Stehende, fliessende, verschmutzte Gewässer	<i>Physa fontalis</i>	Quellen-Blasenschnecke	Stehende, langsamfliessende Gewässer
			<i>Cloeon dipterum</i>	Fliegenhaft	Stehende, langsamfliessende Gewässer
			<i>Glossiphonia complanata</i>	Grosser Schneckenegel	Stehende und fliessende Gewässer
			<i>Chloroperla sp.</i>	(Steinfliege)	Geröllführende Gebirgsbäche
			<i>Glossosoma boltoni</i>	(Köcherfliege)	rheophil

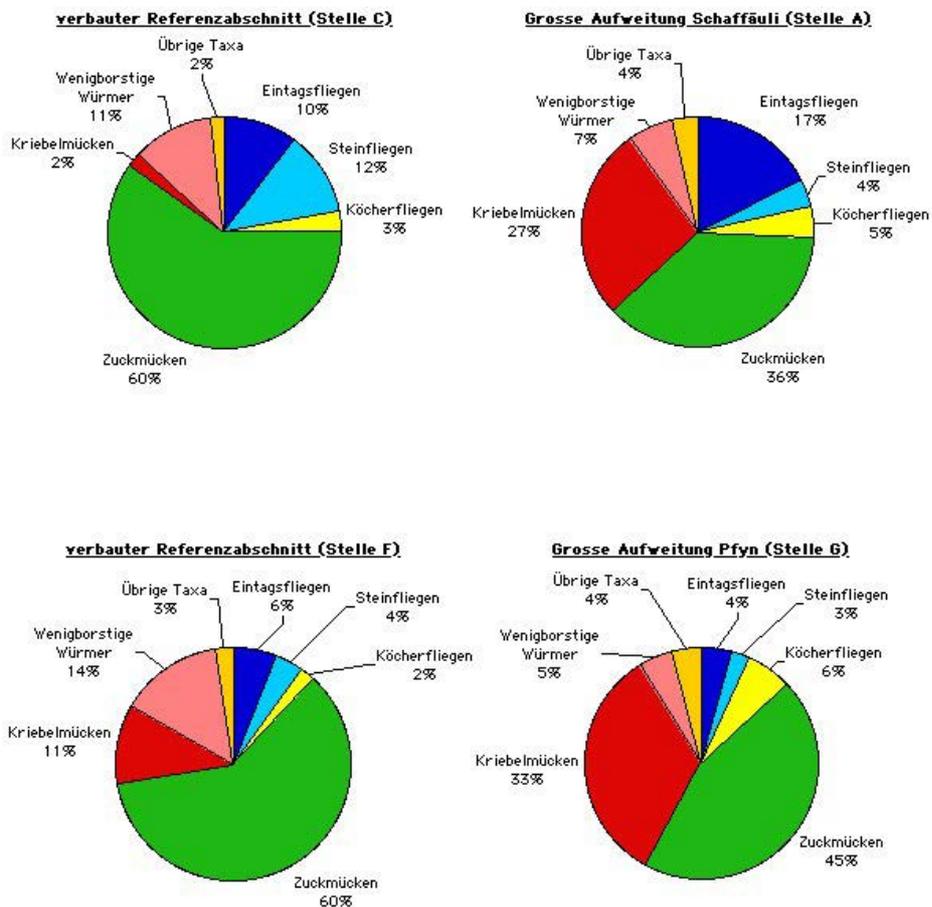


Abb.5: Dominanzverhältnisse einzelner Artgruppen in kanalisierten bzw. aufgeweiteten Thur-Abschnitten (Limnex 2004).

Neben der Erhöhung der Artenvielfalt leisten Aufweitungen auch einen wichtigen Beitrag zum Erhalt überlebensfähiger Populationen, denn eine Aufweitung erhöht nicht nur die Habitatvielfalt, sondern auch die Grösse des zur Verfügung stehenden Lebens- und Rückzugsraumes.

Sowohl der Flächenzuwachs als auch die bessere Strukturierung des Gewässers erhöhen:

- die Besiedlungsdichte (Abb. 6),
- die Überlebenswahrscheinlichkeit der Organismen im Fall eines Hochwassers und
- die Wiederbesiedlungsrate nach Abklingen des Hochwasserereignisses.

All diese Faktoren wirken sich positiv auf die Populationsgrösse und damit auf einen langfristigen Erhalt der einzelnen Arten aus.

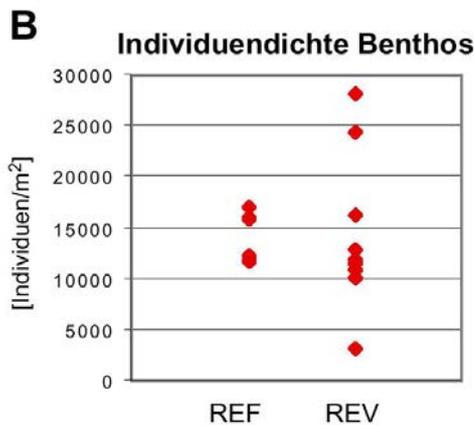


Abb. 6: Besiedlungsdichte (Limnex 2004).
REV: Aufweitung,
REF: kanal. Referenzstrecke

7 Fische

7.1 Ziel

Durch die Aufweitungen sollen auendynamische Prozesse initiiert und Lebensraum für auentypische Arten geschaffen werden.

7.2 Erfahrungen aus Forschung und Praxis

Aufweitungen erhöhen die Habitat- und Strukturvielfalt im Fluss. Es entstehen Hinterwasser, Naturufer, Schotterbänke, Riffle und Totwasser, die sich durch unterschiedliche Fliessgeschwindigkeiten, Wassertiefen und Substratverhältnisse unterscheiden. Damit werden zum einen die Reproduktionsverhältnisse sowohl für strömungsliebende (z.B. Bachforelle, Aesche, Strömer), für strömungsindifferente (Rotaugen, Laube, Hecht etc.) als auch strömungsmeidende Fischarten (Rotfeder, Schleie.) verbessert und zum anderen stehen vermehrt Nahrungs- und Rückzugshabitate für verschiedene Fischarten bzw. deren unterschiedliche Stadien zur Verfügung:

- Riffle sind oft Aufenthaltsorte von strömungsliebenden Jungfischen
- Zonen mit geringer Fliessgeschwindigkeit schützen junge und strömungsschwache Fische vor Abdrift
- und Kolke sind während Niederwasserperioden für die Tiere wichtige Rückzugsräume.

Aufweitungen sind Teil des gesamten Fliessgewässersystems. Durch die oben genannten Habitatverbesserungen kann sich grundsätzlich eine Erhöhung der Bestandswerte im gesamten Flusslauf ergeben.

Fallbeispiel Thur:

Um die Auswirkungen von Flussaufweitungen auf die Fische zu beurteilen, wurden im Frühling/Sommer 2003 sieben Aufweitungen (4'738m) und 3 kanalisierte Strecken (2'148m) der Thur elektrisch befischt. (link http://www.rhone-thur.eawag.ch/DA_Hoerger_Keiser.pdf).

Lage und Charakteristik der Untersuchungsstellen sind aus Abb.1 und Tabelle 1 ersichtlich. Durch die Aufweitungen haben Habitatvielfalt und Variabilität der Wassertiefe und der Fliessgeschwindigkeit deutlich zugenommen (Tab.1).

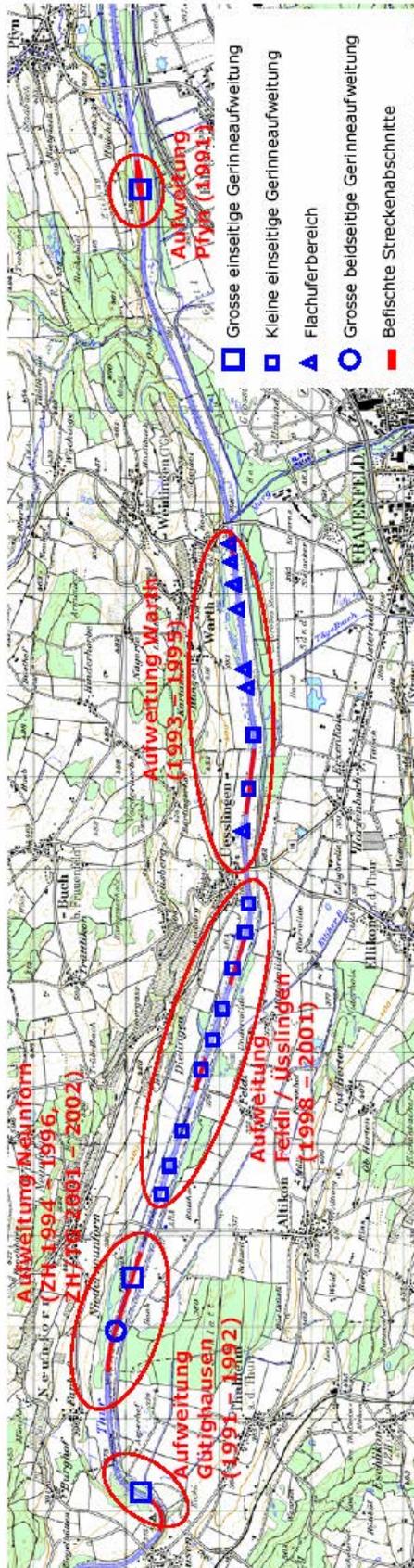


Abbildung 1a: Karte der Aufweitungen mit den befischten Strecken (Koordinaten Üsslingen 704800 270905) (Hörger und Keiser 2003)

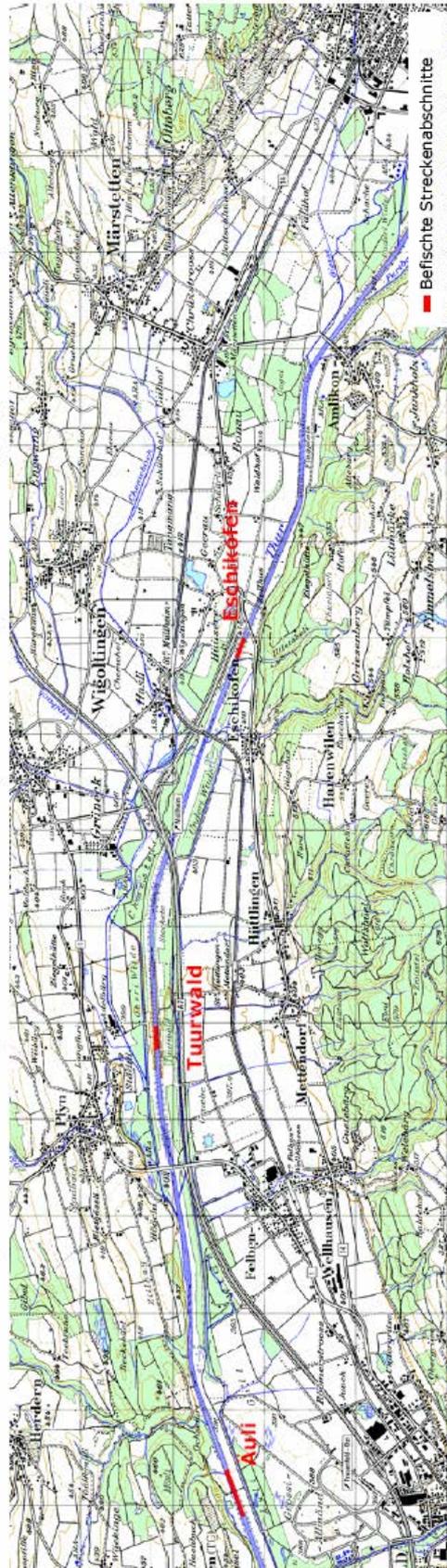


Abbildung 1b: Karte der kanalisiertierten Thur mit den befischten Strecken (Koordinaten Pfy 713985 273000) (Hörger und Keiser 2003)

Tabelle 1: Charakteristika u. Fischgemeinschaften aufgeweiteter bzw. kanalisierter Strecken an der Thur.

	Aufweitungsstrecken	kanalisierte Strecken
Wassertiefe	flach (0.05 - 0.3m) mittel (0.3 – 0.5m) tief (0.5 - 1.3m)	mittel (0.3 – 0.5m) (bis 1.5m hinter Störsteinen)
Fliessgeschwindigkeiten	stehend schwach bis mittelstark fliessend stark fliessend	keine Variation mittel, 0.3-0.7 m/s
vorgefundene Habitattypen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Blockwurf ▪ Flussmitte ▪ Bühnen ▪ Hinterwasser ▪ Naturufer ▪ Raubaumverbau ▪ Riffle ▪ Schotterbank ▪ Totwasser 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Blockwurf ▪ Flussmitte ▪ Störsteine
angetroffene Arten	Aal Alet Äsche Bachforelle Bachsaibling Barbe Egli Elritze Groppe Gründling Hasel Moderlieschen Nase Schmerle Schneider Stichling Strömer	Aal Alet - Bachforelle - Barbe - Elritze - Gründling Hasel - Nase Schmerle Schneider - Strömer

In den sieben befischten Aufweitungsstrecken konnten insgesamt 17 Arten gefangen werden, in den drei kanalisierten Strecken waren es insgesamt 11 Arten (Tab.1). Auch wenn in den Aufweitungen mehr Arten angetroffen wurden als in den kanalisierten Strecken, kann nicht grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass die Aufweitungen eine höhere Artenvielfalt aufweisen als die kanalisierte Thur. Denn bei jenen Arten, die nur in den Aufweitungen und nicht in den kanalisierten Abschnitten nachgewiesen werden konnten, handelt es um Einzelfänge. Es kann

daher davon ausgegangen werden, dass in der kanalisiertem Thur ähnlich viele Arten leben wie in den aufgeweiteten Abschnitten.

Grosse Unterschiede hingegen weisen die Individuenzahlen der unterschiedlichen Abschnitte auf. Die Aufweitungen bieten mehr Fischen Lebensraum, als die kanalisierte Thur. In den Aufweitungen können im Schnitt 325 Tiere pro 100m angetroffen werden, während man in den kanalisiertem Strecken im Schnitt nur mit 254 Tiere rechnen kann.

Nicht nur die Gesamtzahl der Individuen unterscheidet sich, sondern auch die Dominanzverhältnisse. In den Aufweitungen kamen Schmerle gefolgt von Alet und Schneider am häufigsten vor (Abb. 2). Schmerle und Alet waren auch die häufigsten Arten in der kanalisiertem Thur. Jedoch ist in den kanalisiertem Strecken der Schneider nicht mehr so dominant wie in den Aufweitungen, denn im Gegensatz zu den kanalisiertem Strecken weisen die Aufweitungen Totwasser auf, welche der bevorzugte Habitatyp des Schneiders sind (Tabelle 2). An die Stelle des Schneiders tritt nun der Aal als dritthäufigste Art der kanalisiertem Abschnitte (Abb. 3).

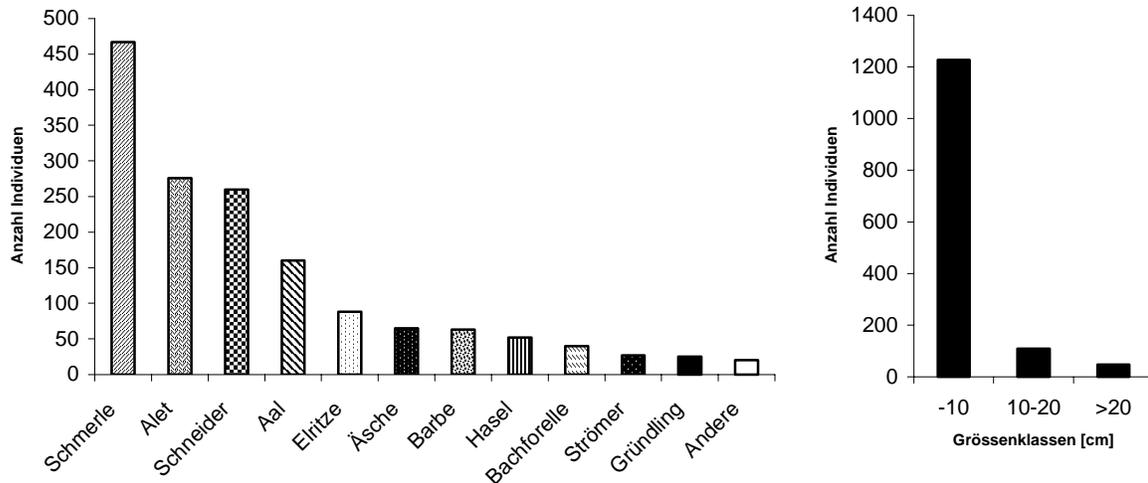


Abb. 1: Gesamtübersicht Aufweitungen (N = 1543 Individuen, Länge = 4738 m) (Hörger & Keiser 2003)

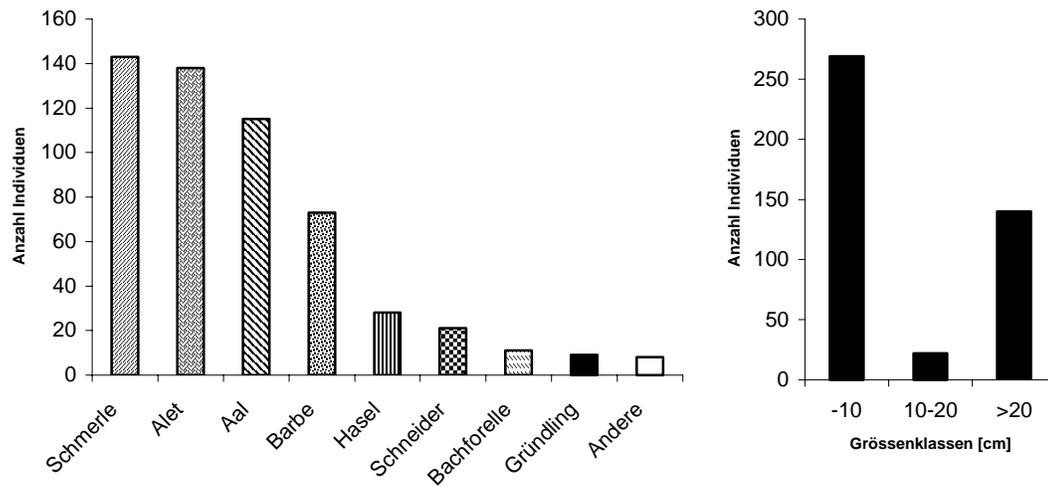


Abb.2: Gesamtübersicht kanalisierte Thur (N = 546 Individuen, Länge = 2148 m) (Hörger & Keiser 2003)

Tabelle 2 zeigt für die Aufweitungen wo sich die einzelnen Arten bevorzugt aufhalten.

Tabelle 1: Dominanz - Indices der Fischarten in den verschiedenen Strukturen (Hörger und Keiser 2003)

	Blockwurf	Buhnen	Flussmitte	Hinterwasser	Naturufer	Raubaum	Riffle	Schotterbank	Totwasser
Aal	0.449	0.107	0.750	0.009	0.154	0.179	0.030	0.008	0.056
Alet	0.075	0.328	0.000	0.168	0.295	0.299	0.083	0.033	0.156
Äsche	0.000	0.000	0.250	0.407	0.003	0.000	0.000	0.044	0.000
Bachforelle	0.019	0.046	0.000	0.177	0.010	0.000	0.008	0.006	0.000
Bachsäibling	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Barbe	0.047	0.038	0.000	0.018	0.061	0.030	0.000	0.061	0.017
Egli	0.000	0.004	0.000	0.000	0.006	0.060	0.000	0.000	0.000
Elritze	0.019	0.164	0.000	0.018	0.019	0.104	0.083	0.017	0.061
Groppe	0.009	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.022
Gründling	0.009	0.050	0.000	0.009	0.016	0.030	0.000	0.003	0.011
Hasel	0.009	0.038	0.000	0.000	0.032	0.060	0.144	0.022	0.000
Moderlieschen	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Nase	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.000	0.000	0.000
Schmerle	0.084	0.053	0.000	0.177	0.237	0.075	0.538	0.711	0.089
Schneider	0.252	0.141	0.000	0.009	0.154	0.045	0.114	0.094	0.531
Stichling	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006
Strömer	0.000	0.027	0.000	0.000	0.013	0.104	0.000	0.000	0.050

eudominant 0.32 – 1 dominant 0.10 – 0.319 subdominant 0.032 – 0.099 rezedent 0.01 – 0.031 subrezedent 0.0032 – 0.0099 sporadisch < 0.0032

Insgesamt lässt sich sagen, dass Aufweitungen die Lebensbedingungen für eine lokal bereits vorhandene Fischfauna stark verbessern (höhere Bestandesdichte). Dies ist die grösste Auswirkung der Aufweitungen auf die Fischfauna. In Abhängigkeit von den Rahmenbedingungen im Fliessgewässersystem (z.B. Durchgängigkeit) können Aufweitungen in Einzelfällen auch zur Rückkehr bzw. Ansiedlung neuer Arten führen.

Im Einzelfall muss jedoch abgeklärt werden, ob die Habitatverbesserungen auch wirklich zu einer Erhöhung der Artenvielfalt bzw. Individuendichte führen, oder ob die Strukturverbesserungen lediglich dazu führen, dass Fische aus weniger geeigneten Habitaten angezogen werden.

8 Vögel

8.1 Ziel

Durch die Aufweitung sollen auedynamische Prozesse initiiert und Lebensraum für auetypische Arten geschaffen werden.

8.2 Erfahrungen aus Forschung und Praxis

Erste Untersuchungen haben gezeigt, dass sowohl der Flussuferläufer, als auch der Flussregenpfeifer von den neu geschaffenen Lebensräumen der Aufweitungen profitieren. Beide Arten sind typische Arten der Flussauen. Ihr bevorzugter Brutplatz sind vegetationsfreie/-arme Kiesbänke und Kiesinseln. Für einen Bruterfolg ist es jedoch wichtig, dass die Kiesbänke hoch genug sind, damit das Gelege bei einem Sommerhochwasser nicht weggeschwemmt wird, und dass Erholungssuchende Rücksicht auf die brütenden Tiere nehmen und entsprechenden Abstand halten.

Flussuferläufer

An der Thur ist der Flussuferläufer bereits regelmässiger Gast auf Nahrungssuche. Die neu geschaffenen Sedimentablagerungen mit Kies- und Sandbänken bieten einen reich gedeckten Tisch mit Insekten, Spinnentieren und Sandwürmern. Doch bisher brütet der Flussuferläufer (noch?) nicht an der Thur. In der Aufweitung am Inn (Strada) hingegen, wurden in den letzten Jahren mehrerer Paare mit Bruterfolg beobachtet (link Dipl.Arb. N. Baumann), was auch für die Aufweitungen an der Thur hoffen lässt.

Flussregenpfeifer

Anders sieht es beim Flussregenpfeifer aus. An der Thur wurde das Engagement für die Aufweitungen bereits belohnt:

Im Sommer 2004 hat ein Flussregenpfeifer-Pärchen dank der neu entstandenen Kiesbänke zum ersten Mal seit 161 Jahren im zürcherischen Abschnitt der Thur wieder erfolgreich gebrütet! Und auch an der Aufweitung am Inn (Strada) konnten in den letzten Jahren mehrere Bruterfolge verzeichnet werden.

Aufweitungen leisten somit einen wichtigen Beitrag zum Schutz dieser Tiere, deren Bestand gesamtschweizerisch auf ungefähr 100 Brutpaare geschrumpft ist.

9 Erholung

9.1 Ziel

Gesteigerter Erholungswert. Der Fluss soll dem Menschen zugänglich und damit erlebbar sein.

9.2 Erfahrungen aus Forschung und Praxis

9.2.1 *Der Fluss als Erholungsraum*

Immer mehr Menschen wohnen in einem städtisch geprägten Umfeld und suchen in ihrer Freizeit die Begegnung mit der Natur. Hier können sie Erfahrungen machen, die im städtischen Alltag nur noch selten möglich sind. Auf Flüsse bezogen sind dies z.B. Boot fahren, Baden, Fischen, Bräteln und Natur beobachten.

Wie eine Umfrage an der Thur gezeigt hat, haben ein natürlichen Flussverlauf (Mäander, Buchten, Kiesbänke etc.) sowie gute Nutzungs- (v.a. Spazieren, Velo fahren, Baden) und Zugangsmöglichkeiten zum Fluss einen hohen Stellenwert für die erholungssuchende Bevölkerung (http://www.eawag.ch/thur/AG3_PR.htm)

Als Antwort auf die Frage „Was der Bevölkerung von Bürglen und Weinfeldern an der Thur nicht gefällt“ wurden am häufigsten:

- schlechte Wasserqualität (17%),
- zu wenig natürlich (14%),
- Geradlinigkeit, Langweiligkeit (14%),
- starke Verbauung (7%) und
- wenig Zugangsmöglichkeit (13%) genannt (Abb. 1).

Daraus lässt sich schliessen, dass heute Erholungsanreiz und Nutzungsmöglichkeiten unsere meist kanalisierten und monotonen Gewässer eingeschränkt sind und der Flussraum sein Potential für Erholungssuchende nicht voll entfalten kann.

Was gefällt Ihnen nicht am jetzigen Zustand der Thur?

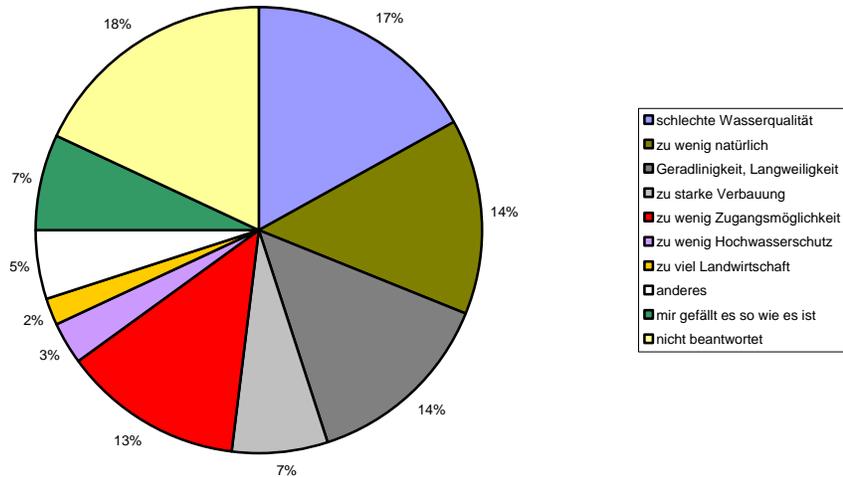


Abb.1: Ergebnisse einer Umfrage an der Thur (N= 240) (Thur-Fallstudie 2003).
Jetziger Zustand = kanalisierte Thur.

9.2.2 Durch Aufweitungen lässt sich jedoch der Freizeitwert eines Flusse erhöhen, denn:

- Aufweitungen schaffen Zugang zum Wasser und Bademöglichkeiten,
- neu entstehende Kiesbänke laden zum Verweilen ein,
- durch Aufweitungen entsteht ein vielfältiges Landschaftsbild und
- Aufweitungen machen Natur und Dynamik wieder erlebbar.

Den Wert einer Aufweitung zeigt eine weitere Untersuchung, in der eine aufgeweitete Strecke und eine kanalisierten Strecke hinsichtlich der Besucherzahlen und ausgeübten Freizeitaktivitäten miteinander verglichen wurden. So konnten während einer Stichprobenzählung an einem sehr sonnigen und warmen Sonntag im August an der Aufweitung in Gütighausen mehr BesucherInnen und Freizeitaktivitäten gezählt werden, als an einer kanalisierten Strecke bei Weinfeldern (Abb.2). Besonders auffällig ist die Dominanz der wasserbezogenen Aktivitäten am aufgeweiteten Abschnitt.

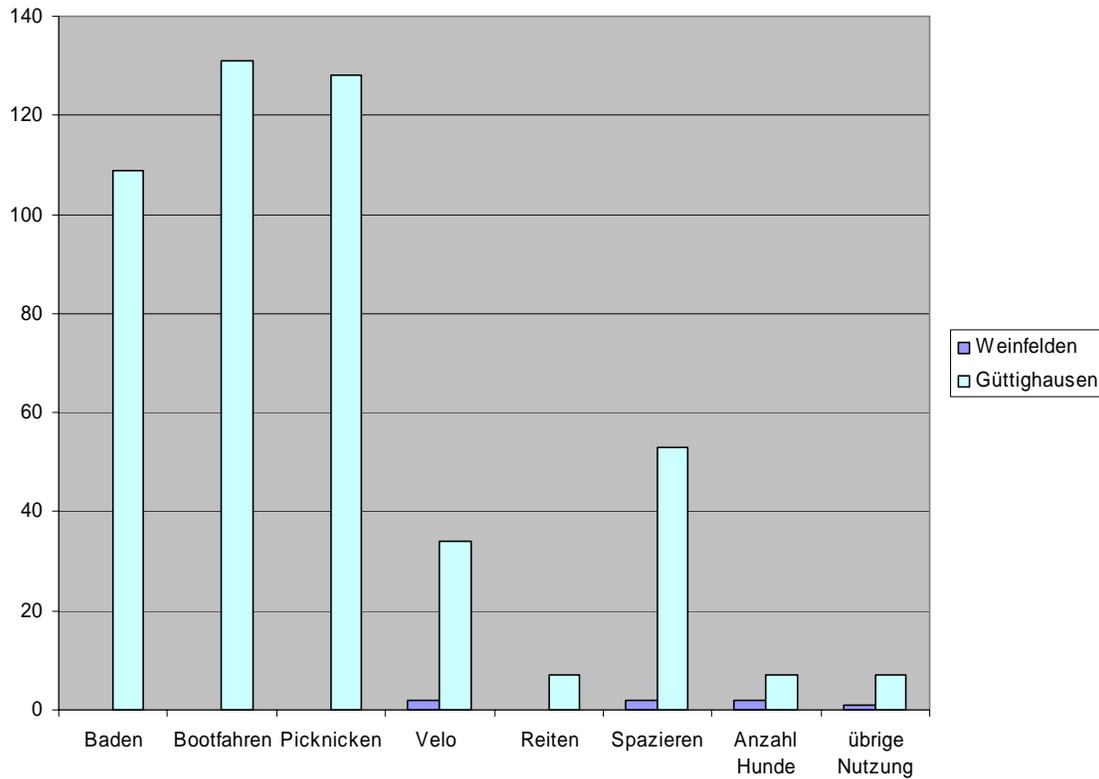


Abb. 2: Zählung der BesucherInnen und ausgeübten Freizeitaktivitäten an der Thur-Aufweitung in Gütighausen und einem kanalisiertem Abschnitt bei Weinfeld (Capelli, F. 2004).

Standortcharakterisierung: die kanalisierte Strecke ist durch die Trennung von Weg und Thur durch landwirtschaftlich genutzte Vorländer und durch ein steiles Ufer und gekennzeichnet. Wohingegen bei der Aufweitung die Thur vom Weg aus sichtbar ist und das Wasser über flache Ufer und Kiesbänke erreichbar ist.

Bei der Interpretation dieser Ergebnisse ist zu beachten, dass es sich um eine einzelne Stichprobe handelt, die Zählung an unterschiedlichen Sonntagen stattfand und dass Doppelnennungen möglich sind. Darüber hinaus befinden sich in der Nähe der Aufweitung ein Parkplatz und eine Gaststätte, welche sich möglicherweise positiv auf die Besucherzahlen an der Aufweitung auswirken.

9.2.3 Erholungsaktivitäten und ökologische Aufwertung – mögliche Zielkonflikte

Erholungsaktivitäten können ökologische Funktionen und Prozesse bzw. Pflanzen und Tiere negativ beeinflussen (Tab.1). Es kann zu Konflikten zwischen den Zielen „ökologische Aufwertung“ und „Erholungsnutzen“ kommen. Ob es zu einer Konfliktsituation kommt hängt ab von:

- Art der Nutzung
- Zeitpunkt, Häufigkeit, Dauer und Intensität der Nutzung
- Wechselwirkung mit anderen Aktivitäten
- Empfindlichkeit der betroffenen Ökosystemfunktionen bzw. Tier- u. Pflanzenarten.

9.2.4 Mit gutem Beispiel voran...

Grosse und viele Aufweitungen und gegenseitige Rücksichtnahme helfen, mögliche Konflikte zu vermeiden bzw. zu entschärfen. Wie dies aussehen kann zeigt ein Beispiel an der Thur:

Im Sommer 2003 fiel einem Ornithologen der Balzflug von zwei Flussregenpfeifferpaaren auf. Die sonst unauffällig am Boden lebenden Vögel verrieten damit ihre Anwesenheit und ihre Absicht. Damit die Tiere ungestört ihrem Brutgeschäft nachgehen können und die am Boden liegenden, unauffälligen Eier nicht versehentlich zertreten werden, wurde die Insel mit einem Plastikband für die Brutzeit abgesperrt. Zusätzlich warben Informationstafeln und der lokale Ornithologe bei den Erholungssuchenden für Verständnis. Nach vier Wochen konnten die Jungvögel erfolgreich schlüpfen. Dieser Erfolg war möglich dank der Rücksichtnahme und der Möglichkeit der Erholungssuchende auf andere, aufgeweitete Abschnitte der Thur auszuweichen.

Tab.1: Freizeitaktivitäten und ihre möglichen Folgen für Pflanzen und Tiere.

Freizeitaktivität	Mögliche Folgen für Pflanzen und Tiere
Wassersport	
Baden, Boot fahren, Angeln...	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schädigung der Vegetationsdecke am Ein-/Ausstieg, ▪ Schädigung der Schwimmblatt- und Röhrlichtzone, ▪ Beunruhigung von wildlebenden Tieren und dadurch: <ul style="list-style-type: none"> - Auslösen von Stressreaktionen, - Verzicht auf Ansiedlung und/oder Fortpflanzung, - Unterbrechung von Brut und Nahrungssuche, ▪ Zertreten der Eier von bodenbrütenden Vögeln, ▪ Zerstörung von Fischlaichbetten durch Einwirkung von Paddel oder Tritt, ▪ Schädigung von Fischen oder Wasserinsekten durch Aufwirbeln von Sedimenten (Kies, Sand, Schlamm).
Aktivitäten im Bereich von Ufer/Inseln	
Picknicken, Sonnenbaden, Grillieren, Spazieren gehen, Hunde spazieren führen, Velo fahren, Reiten ...	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schädigung bzw. Veränderung der Pflanzendecke durch Tritteinwirkung, ▪ Abbrechen von Ästen, Jungbäumen, Sträuchern (Brennholz), ▪ Entnahme von Totholz (Brennholz), ▪ Vernichtung der Pflanzendecke durch Feuer, ▪ Beeinträchtigung oder Verhinderung der natürlichen Sukzession (Entwicklung), ▪ Beunruhigung von wildlebenden Tieren und dadurch: <ul style="list-style-type: none"> - Auslösen von Stressreaktionen, - Verzicht auf Ansiedlung und/oder Fortpflanzung, - Unterbrechung von Brut und Nahrungssuche, ▪ Zertreten der Eier von bodenbrütenden Vögeln, ▪ Tod von Wildtieren durch Hunde.

Planung und Bau

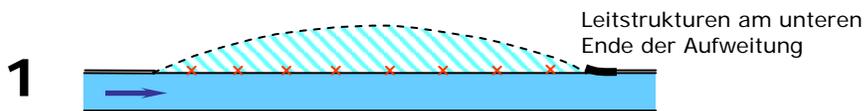
10 Bautypen und Bauweisen

Durch eine Gerinneaufweitung können Regelprofilgewässer revitalisiert und das Ausmass der Sohlenerosion und die Überflutungsgefahr reduziert werden. Mit der Aufweitung wird dem Gewässer die Möglichkeit zu einer eigendynamischen Entwicklung des gewässertypischen Gleichgewichts gegeben.

Gerinne können sowohl einseitig als auch zweiseitig aufgeweitet werden. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass Gerinne, die an beiden Ufern aufgeweitet werden mehr Entwicklungsdynamik zeigen als einseitige Aufweitungen. Darüber hinaus kann es bei Gerinnen, die nur auf einer Seite aufgeweitet werden längere Zeit dauern, bis der zur Verfügung gestellte Raum vom Gewässer angenommen wird.

Die verschiedenen Bauweisen unterscheiden sich je nach dem Grad des menschlichen Eingriffs:

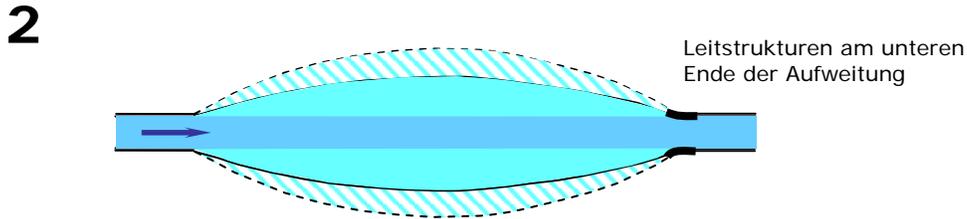
10.1 Dynamische Eigenentwicklung



Es wird lediglich die Uferbefestigung entfernt. Danach wird die Bildung der Aufweitung der natürlichen Gewässerdynamik überlassen. Die Entwicklung der Aufweitung ist ereignisabhängig. Je nach Hochwasserhydrologie kann die Aufweitung des Gerinnes mehrere Jahre in Anspruch nehmen. Zudem konnte bei Flüssen mit Erosionstendenz eine über Jahre stabile Gerinneführung beobachtet werden, d.h. der zur Verfügung gestellte Platz wurde nicht in Anspruch genommen und es haben praktisch keine morphologische Gerinneveränderungen stattgefunden.

Zu Beginn des Entwicklungsprozesses werden seitlich keine Ufersicherungen vorgenommen. Daher ist die Entwicklung der Aufweitung stetig zu beobachten. Gegebenenfalls ist mit Hilfe von wasserbaulichen Massnahmen korrigierend einzugreifen. Hierbei haben sich das Prinzip der Diskussions- u. Interventionslinie bewährt (siehe Kasten). Die Rückführung des Abflusses am unteren Ende der Aufweitung muss in jedem Fall sichergestellt sein (bauliche Massnahmen).

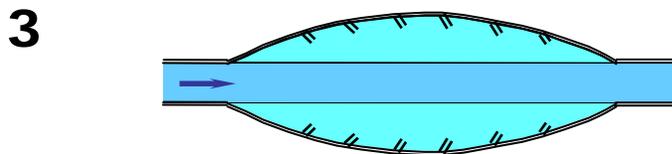
10.2 Dynamische Eigenentwicklung mit Initialmassnahmen



Wie bei der dynamischen Eigenentwicklung wird bei dieser Bauweise die Hauptarbeit dem Fluss selbst überlassen. Die Bildung der Ausweitung wird jedoch durch Initialmassnahmen (z.B. Uferabsenkungen, Aufschüttung von Inseln) beschleunigt, so dass die morphologische Gerinneveränderung und Neuschaffung von Auenlebensräumen relativ schnell zum Tragen kommen. Aus Sicht der „Ökologie“ ist dies daher die favorisierte Massnahme.

Auch bei dieser Massnahme sollte das Prinzip der Diskussions- u. Interventionslinie angewendet werden, um gegebenenfalls korrigierend einzugreifen.

10.3 Maschinelle Aufweitung



Bei der maschinellen Aufweitung wird die gesamte Verbreiterung des Flussbettes mit Hilfe von Baumaschinen herbeigeführt. Um eine weitere, meist unerwünschte Seitenerosion zu verhindern, sind Uferschutzmassnahmen (link) notwendig.

Auch bei der maschinellen Aufweitung sollte das kiesige Material nicht entnommen, sondern im System belassen werden. Denn eine Materialentnahme verstärkt das ohnehin bestehende Geschiebedefizit der meisten Flüsse und wirkt sich negativ auf die mit dem Bau der Aufweitung angestrebte Sohlenstabilisierung/-erhöhung aus. Zudem bilden sich bei Erosionstendenz seltener Teilgerinne und Inseln. Beobachtungen zeigen, dass es, selbst bei genügender Breite, bei Geschiebemangel meist bei einem Einzelgerinne bleibt und sich das Gerinne nicht verzweigt.

11 Diskussions- u. Interventionslinie

Um der Dynamik eines Gewässers und den Anliegen der Bevölkerung (z.B. Grundbesitzern) gerecht zu werden, empfiehlt es sich, vor dem Bau der Aufweitung kartographisch eine Diskussions- und Interventionslinie festzulegen.

11.1 Diskussionslinie (auch Beurteilungslinie genannt)

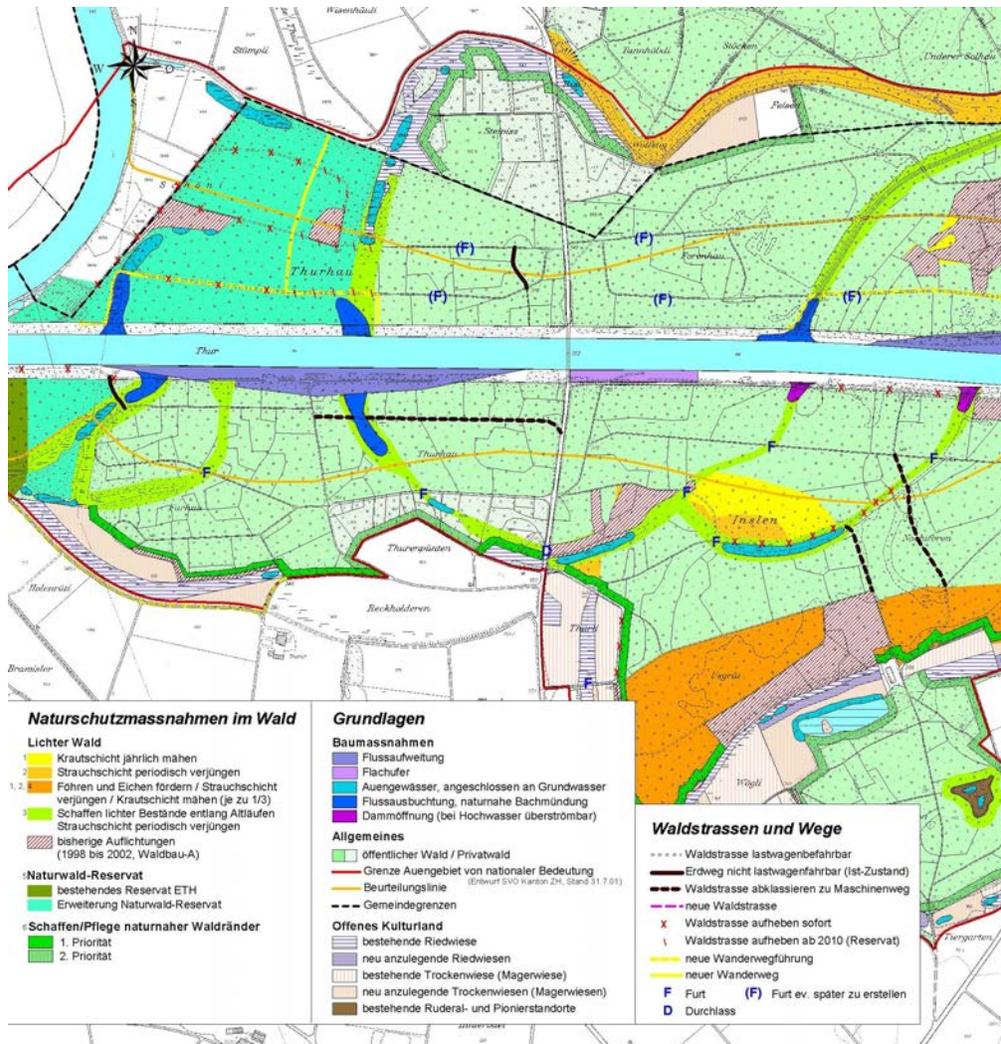
Erreicht das aufgeweitete Gerinne durch Seitenerosion die zuvor auf einem Plan festgelegte Grenze (Diskussionslinie), erfolgt eine Beurteilung der momentanen Situation. Es wird entschieden, ob Massnahmen ergriffen werden, oder ob sich der Fluss weiter frei entfalten darf. Es empfiehlt sich vor dem Bau zu bestimmen, wer Mitglied der Beurteilungsgruppe ist, um ggf. schnell handeln zu können.

11.2 Interventionslinie

Erreicht das Ufer die zuvor festgelegte Interventionslinie, werden wasserbauliche Massnahmen ergriffen. Es empfiehlt sich, im Voraus zu bestimmen, was in einem solchen Fall geschehen soll, um ggf. schnell, aber dennoch durchdacht, handeln zu können.

11.3 Fallbeispiel Thurmündung

An der Thurmündung sind Aufweitungen des Typs „Dynamische Eigenentwicklung mit Initialmassnahmen“ geplant. Neben weiteren Massnahmen ist im Plan ebenfalls eine Diskussionslinie (orange) festgehalten:



creato Netzwerk für kreative Umweltplanung, 2001

Dimensionierung von Aufweitungen

Breite und Länge einer Aufweitung bestimmen welche Gerinneform sich einstellt (alternierende Kiesbänke, verzweigtes Gerinne), welche auentypischen Lebensräume und Strukturen geschaffen werden und um wie viel die Gerinnesohle angehoben werden kann.

11.4 Breite der Aufweitung

Die sich einstellende Gerinneform (alternierende Bänke, verzweigtes Gerinne) ist im wesentlichen ein Funktion der Breite B , der bettbildenden Abflusstiefe h und des charakteristischen Korndurchmessers d . Dabei ist die Breite jener Faktor, der mit einer Aufweitung beeinflusst werden kann und daher im Vordergrund steht.

In der Literatur wurden verschiedene Kriterien aufgestellt, nach welchen das Auftreten der einen oder anderen Gerinneform vorhergesagt werden kann. Als Faustregel für die Flüsse im schweizerischen Alpen- und Voralpengebiet kann angenommen werden, dass sich bei einem Verhältnis

$$B/h > \approx 30 \quad (1)$$

Bänke bilden können und dass sich das Gerinne bei einem Verhältnis

$$B/h > \approx 50 \quad (2)$$

verzweigt.

Für h muss je nach Gewässertyp die Abflusstiefe von Abflüssen zwischen Q_D und HQ_5 eingesetzt werden. Q_D bezeichnet den Abfluss bei welchem die Deckschicht der Flusssohle in Bewegung gerät und HQ_5 einen Hochwasserabfluss, der im Durchschnitt alle fünf Jahre einmal erreicht oder überschritten wird.

Die so ermittelte Breite bezieht sich jedoch nur auf das unmittelbare Gewässerbett. Kann dem Flussraum nicht mehr Spielraum gewährt werden kommt es zur Ausbildung einer mehr oder weniger „statischen“ Aufweitung mit vereinzelt Bänken oder Inseln. Diese Breite wird im folgenden als B_{aufw} bezeichnet.

Damit sich eine gewisse, flusstypische Dynamik und eine möglichst breites Spektrum auentypischer Lebensräume entwickeln können, sollte dem Fluss mehr Spielraum gewährt werden:

Mindestbreite:	$B_{dyn_min} = 2 * (50 * h)$
anzustrebende Breite:	$B_{dyn_ziel} = 3 * (50 * h)$

Detaillierte Hinweise finden Sie in den Handlungsempfehlungen Nr.2.

11.5 Länge der Aufweitung:

Bei der Dimensionierung der Länge muss der übergeordnete Geschiebehaushalt berücksichtigt werden, damit es nicht zu unerwünschten Erosionen im Unterlauf (oder in seltenen Fällen zu starken Auflandungen im Oberlauf) der Aufweitung kommen kann.

Die Länge der Aufweitung bestimmt, um wie viel die Sohle im Oberwasser angehoben werden kann. Berechnungshinweise finden Sie in Hunzinger (1998).

Daneben bestimmt die Länge welche auentypischen Lebensräume sich ausbilden können und die zeitliche und räumliche Kontinuität der Lebensraumvorkommen. Detaillierte Hinweise zur Länge von Aufweitungen finden Sie in den Handlungsempfehlungen Nr.2.

12 Ufersicherung

Wo immer möglich sollte auf durchgehende Stabilisierungsmassnahmen verzichtet werden (auch auf ingenieurbioologische Massnahmen). Dadurch werden „dynamische“ Uferzonen geschaffen, die die Habitat- und Strukturvielfalt erhöhen und z.B. Brutmöglichkeiten für den Eisvogel oder Rückzugsräume für Fische bieten. Sollte eine Ufersicherung nötig sein, ist Lebendverbau gegenüber dem Hartverbau zu bevorzugen. Wenn Lebendverbau zum Schutz der Ufer nicht ausreicht, sollten nach Möglichkeit überflutbare Bühnen eingebaut werden. Sie haben den Vorteil, dass sie nur geringe Barrieren zwischen dem Gewässer und den angrenzenden Uferbereichen darstellen.

12.1 Die Bemessung von Ufersicherungen

Am oberen Ende der Aufweitung (Einlauftrichter) sind meist keine ufersichernden Massnahmen notwendig. Am unteren Ende der Aufweitung ist jedoch der Bau von Leitstrukturen erforderlich.

Ufersicherungen (z. B. Raubäume) können unter Umständen auch an den Seitenufern der Aufweitung nötig sein, denn in einem Gerinne mit Bänken ist das Ufer stärker belastet als in einem Gerinne mit ebener Sohle und gleichförmigen Strömungsverhältnissen.

Die Reflexion von Querströmungen am Ufer und der Zusammenfluss von Teilgerinnen führen zu ausgeprägten Kolken. Ein Ansatz zur Berechnung der Kolkiefen finden Sie bei Zarn (1997).

Im Maximum beträgt die Kolktiefe 6-7 mal die mittlere Wassertiefe h in der Aufweitung bei einem bettbildendem Abfluss (ca. HQ_{2-5}) (Marti et al. 2004).

Bei der Erweiterung am Anfang der Aufweitung breitet sich die Strömung trompetenförmig aus und erreicht nach einer Länge L_w die Uferlinie der Aufweitung. Ab einer Entfernung $2 L_w$ ist die Morphologie nicht mehr vom Übergang beeinflusst. Die Länge von praktischer Bedeutung, weil man davon ausgehen kann, dass in diesem Bereich die Ufer nur minimal beansprucht werden und daher nicht geschützt werden müssen. Für die Berechnung von L_w siehe Hunzinger (1998).

Die Ufer bei der Verengung sind am stärksten beansprucht, denn am unteren Ende einer Aufweitung muss die Strömung in das engere Gerinne zurückgeführt werden. Häufig fließen dabei zwei oder drei Teilgerinne zusammen. Die dabei entstehenden Sekundärströmungen verursachen lokal einen tiefen Kolk. Dieser ist umso tiefer je größer das Verhältnis der beiden Flussbettbreiten, der Verengungswinkel oder der Abfluss sind. Zur Abschätzung dieser Kolkiefen siehe Hunzinger (1998).

Ist das Abschlussbauwerk den Belastungen nicht gewachsen, ist an dieser Stelle mit erhöhter Ufererosion zu rechnen.

12.2 Fallbeispiel Emme

Die bei der Aufweitung „Birne Emme“ (Aefligen) eingebrachten Leitwerke zum Uferschutz sind in einem sehr flachen Winkel zur Hauptströmungsrichtung angeordnet (Abb.1). Dadurch wirken sie fast wie ein geschlossener Längsverbau und lassen nur wenig Uferdynamik zu. In dieser Hinsicht haben sich senkrecht zur Hauptströmungsrichtung angeordneten Bühnen besser bewährt.

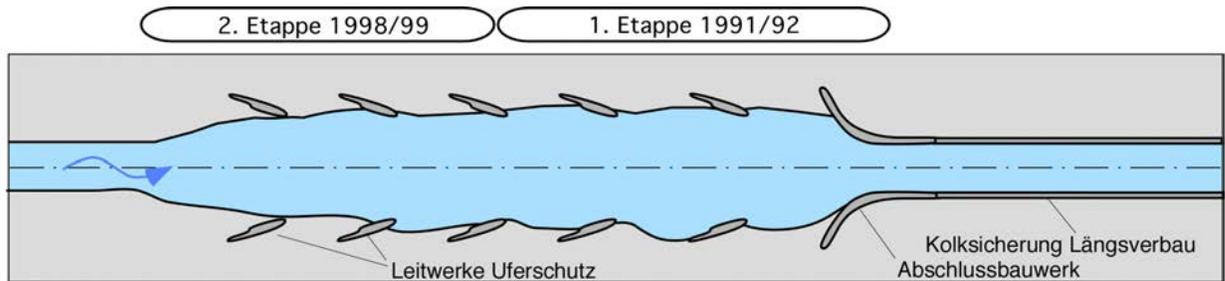


Abb.1: Ufersicherung an der „Birne Emme“ (Hunzinger 2004).

13 Handlungsempfehlungen

13.1 Zukünftige Gerinneform abschätzen

Je nach Gefälle, Sohlenmaterial und Hydrologie bilden sich unterschiedliche Gerinneformen und damit unterschiedliche Strukturen und Lebensräume. Daher sollte zu Beginn eine sorgfältige Analyse der zukünftig möglichen Gerinneform erfolgen. Die Zielvorstellungen und Massnahmen sollten sich an der zu erwartenden Gerinneform orientieren. Damit lassen sich falsche Erwartungen hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung der Aufweitung vermeiden.

13.2 Dem Fluss möglichst viel Raum geben

Die Breite einer Aufweitung bestimmt im Wesentlichen welche auentypischen Lebensräume und Strukturen sich einstellen. In naturnahen Auen reicht das Spektrum von vegetationslosen Kiesbänken, über Pionierfluren und Weichholzgebüsch hin zu Weich- u. Hartholzauenwäldern. (siehe Abb.1).

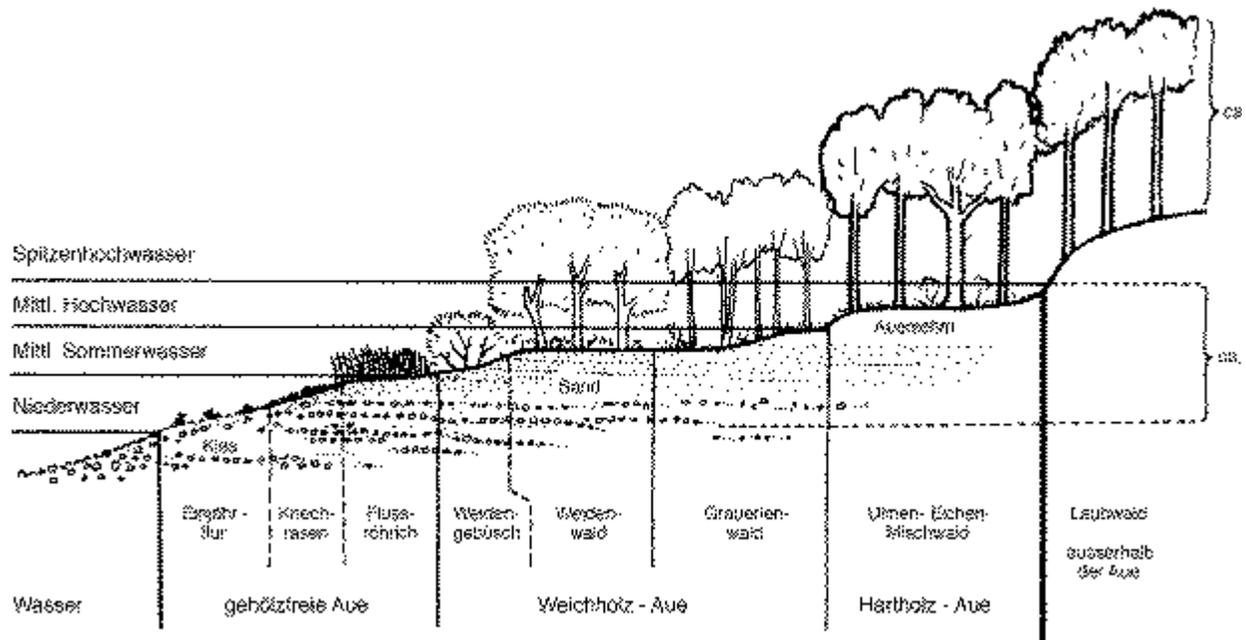


Abb1. Schematischer Querschnitt durch eine Aue (aus ELLENBERG 1982)

Neben der Morphologie des Gerinnes beeinflusst die Länge der Aufweitung die Kontinuität, mit der die einzelnen Lebensräume und Habitatstrukturen auch über lange Zeiträume kontinuierlich, auf räumlich wechselnden Standorten, nebeneinander vorkommen. Je grösser die angestrebte Vielfalt an Auenlebensräumen und -strukturen ist, umso länger und breiter muss die Aufweitungsstrecke sein. Grundsätzlich verspricht eine lange, schmale Aufweitung mehr Dynamik als eine kurze, breite Aufweitung.

Bei beschränktem Raumangebot ist eine lange, schmale Aufweitung einer kurzen, breiten Aufweitung vorzuziehen.

13.2.1 Mindestgrösse

Die Aufweitung und der zur Verfügung gestellte Raum sollten mindestens so gross sein, dass sich ein dynamisches, verzweigtes Gerinne und ein Grundset an Auenlebensräumen einstellen kann. Dafür müssen folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

Mindestbreite $B_{\text{dyn_min}} = 2 * (50 * h)$ (siehe Abb.2)

Mindestlänge $L_{\text{dyn_min}} = 52.5 * Q^{0.45}$

L bezeichnet die Link-Length nach Ashmore (2001) und ist vergleichbar mit der Wellenlänge bei einem Gerinne mit alternierenden Bänken. Sie umfasst in der Regel zwei Pools und zwei Riffle.

Die Angaben beziehen sich auf Flüsse im schweizerischen Alpen- und Voralpengebiet. Für h muss je nach Gewässertyp die Abflusstiefe von Abflüssen zwischen Q_D und HQ_5 eingesetzt werden. Q_D bezeichnet den Abfluss bei dem die Deckschicht der Flusssohle in Bewegung gerät und HQ_5 einen Hochwasserabfluss, der im Durchschnitt alle fünf Jahre einmal erreicht oder überschritten wird.

13.2.2 Anzustrebende Grösse

Damit sich ein möglichst breites Spektrum an Auenlebensräumen und charakteristischen Strukturen einstellen kann, sollte die

anzustrebende Breite $B_{\text{dyn_ziel}} = 3 * (50 * h)$ betragen. (siehe Abb.2)

Die Angaben beziehen sich auf Flüsse im schweizerischen Alpen- und Voralpengebiet. Für h muss je nach Gewässertyp die Abflusstiefe von Abflüssen zwischen Q_0 und HQ_2 eingesetzt werden. Q_0 bezeichnet den Abfluss bei Transportbeginn und HQ_2 einen Hochwasserabfluss, der im Durchschnitt alle zwei Jahre einmal erreicht oder überschritten wird.

Für die Länge gilt aus ökologischer Sicht „je länger umso besser“. Die Untersuchungsergebnisse des Rhône-Thur Projektes zeigen, dass erst lange Aufweitungen spürbare u. dauerhafte Verbesserungen der Habitatverhältnisse aufweisen.

Daher sollte die Länge der Aufweitung so gewählt werden, dass sich 3-5 Riffle-Pool-Sequenzen einstellen können.

anzustrebende Länge $L_{\text{dyn_ziel}} = 1.5 \text{ bis } 2.5 * 52.5 * Q^{0.45}$

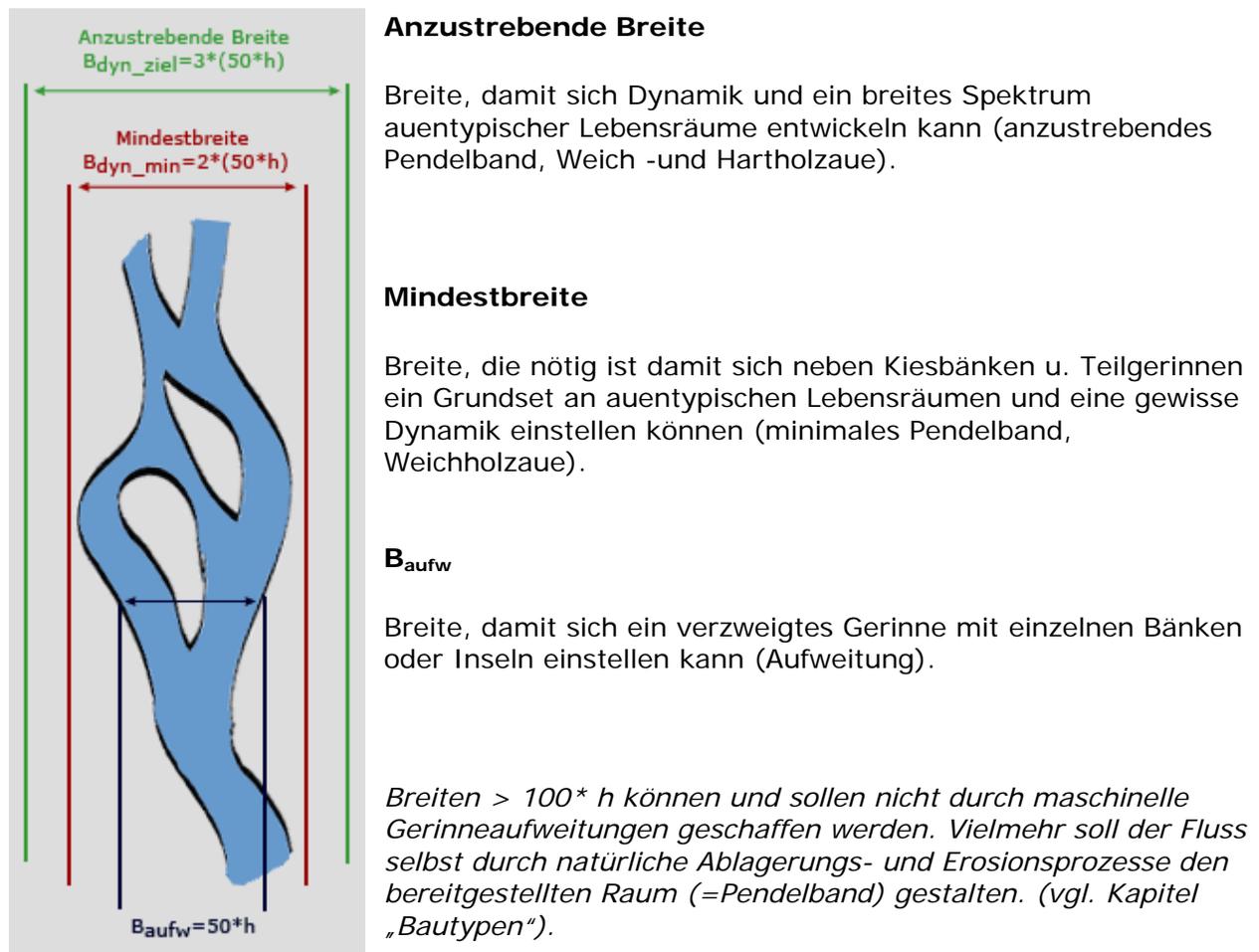
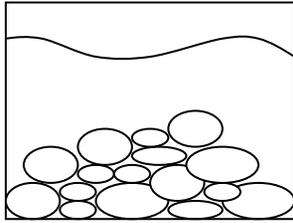


Abb.2: Mindestbreite und anzustrebende Breite des Spielraums des revitalisierten Fließgewässers.

Siehe auch Kapitel „Dimensionierung von Aufweitungen“.

13.3 Material nicht abführen, sondern im Fluss belassen und Geschiebezufuhr im Oberlauf sichern bzw. wiederherstellen

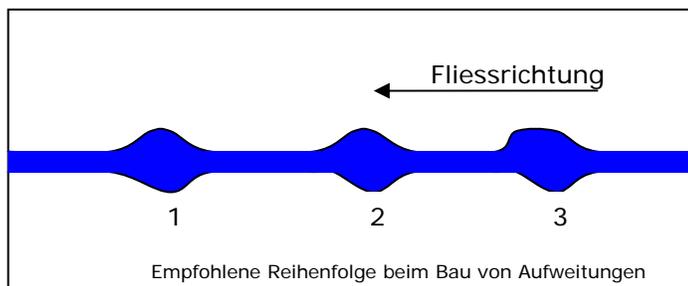


Beim Bau von Aufweitungen ist unbedingt darauf zu achten, dass das bei der Verbreiterung gewonnene Material nicht abgeführt, sondern im Fluss belassen wird. Dies verhindert ein Geschiebedefizit und eine damit verbundene Sohlenerosion im Unterwasser.

Zudem bilden sich bei Geschiebemangel und damit verbundener Erosionstendenz seltener Teilgerinne und Inseln. Die naturgemässe Furten- und Bankabfolge sowie naturraumtypische Ausprägung der Ufer- und Sohlstrukturen bleiben aus. Beobachtungen zeigen, dass es, selbst bei genügender Breite, bei Geschiebemangel meist bei einem Einzelgerinne bleibt und sich das Gerinne nicht verzweigt. Die Frage, wie viel Erosion in verzweigtes Gerinne erträgt, um seine Dynamik nicht zu verlieren, wird zur Zeit an der Versuchsanstalt für Wasserbau der ETH Zürich untersucht (marti@vaw.baug.ethz.ch).

In Gewässern, in denen das allgemeine Geschiebedefizit nicht behoben wird, fehlt das Geschiebe aus dem Oberlauf, um auch in der Aufweitung die Sohle über eine längere Zeit stabil zu halten. Früher oder später unterliegt die Sohle dieser Gewässer auch in der Aufweitung einem Erosionstrend. Daher ist langfristig die Geschiebezufuhr aus dem Einzugsgebiet sicher zu stellen bzw. wieder herzustellen. Erst durch Beheben des Geschiebedefizits, und die damit verbundene Sohlenerosion, können die Ziele dauerhafter Hochwasserschutz, Sohlenstabilität und Schaffung autotypischer Arten- u. Lebensgemeinschaften erreicht werden.

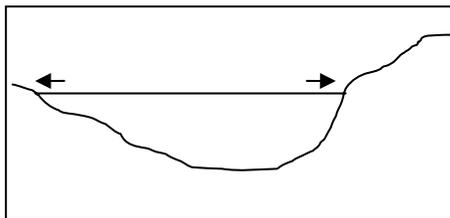
13.4 Den Bau von Aufweitungen im Flussunterlauf beginnen und sukzessive flussaufwärts fortsetzen.



Da eine Gerinneaufweitung Geschiebe zurückhält, sollte mit dem Bau von Aufweitungen möglichst im Flussunterlauf begonnen werden. Beginnt man zunächst im Oberlauf, besteht die Gefahr dass man, in Abhängigkeit vom Geschiebehaushalt, den späteren Aufweitungen unterhalb das Geschiebe für eine natürliche Gerinneentwicklung entzieht.

Eine bereits realisierte Aufweitung kann ohne weiteres flussaufwärts verlängert werden, aber nur mit grossem Aufwand flussabwärts.

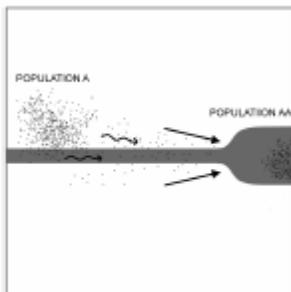
13.5 Eigendynamische Entwicklung zulassen



Nach der Ausführung von Initialisierungsmassnahmen sollte die Aufweitungsarbeit und die Entwicklung der Aufweitung dem Fluss überlassen werden. So können sich dem System entsprechende Lebensräume und Strukturen einstellen und Unterhaltsarbeiten minimiert werden.

Wo immer möglich sollte auf durchgehende Stabilisierungsmassnahmen verzichtet werden (auch auf ingenieurbioologische Massnahmen). Dadurch werden „dynamische“ Uferzonen geschaffen, die die Habitat- und Strukturvielfalt erhöhen und z.B. Brutmöglichkeiten für den Eisvogel oder Rückzugsräume für Fische bieten.

13.6 Ausbreitungspotenziale von Tieren und Pflanzen nutzen



Das Entwicklungspotenzial einer Aufweitung hängt nicht nur von der Gestaltung der Aufweitung und den abiotischen Umweltbedingungen ab, sondern auch von ihrer Einbindung in das Flusssystem. Besonders entscheidend ist die Nähe zu bestehenden naturnahen Auengebieten bzw. Auenrelikten, die als Besiedlungsquellen fungieren können. Hinweise zu naturnahen Auengebieten bzw.

Auenrelikten geben z.B. das Inventar der Auen von nationaler Bedeutung, kantonale Fachstellen für Naturschutz und Naturschutzverbände.

Um das Ausbreitungspotenzial von Tieren und Pflanzen voll ausschöpfen zu können sollten wenn immer möglich Migrationshindernisse (Wehre, Schwellen, Abstürze etc.) zwischen Hauptfluss und Zuflüssen bzw. Seitengewässer (z.B. Altarme) beseitigt werden.

13.6.1 Fallbeispiel Moesa und Thur

Im Rahmen des Rhône-Thur Projektes wurde die Vegetation von Kiesbänken in Aufweitungen mit jener von Kiesbänken in naturnahen Auengebieten (naturnahe Referenz) und dominanten Habitattypen in der Umgebung von Aufweitungen (regulierte Referenz: Grünland, Wald, Waldränder, Ufer) verglichen. Dabei stellte sich heraus, dass die Vegetation bei isolierten Aufweitungen (Emme, Thur) eher der Umgebungsvegetation der Auen entspricht. Bei vernetzten Aufweitungen, d.h. bei Aufweitungen, die in räumlichen Kontakt mit naturnahen Auen stehen, weist die Kiesbankvegetation der Aufweitungen eine grosse Naturnähe auf. (s. Abb. 3)

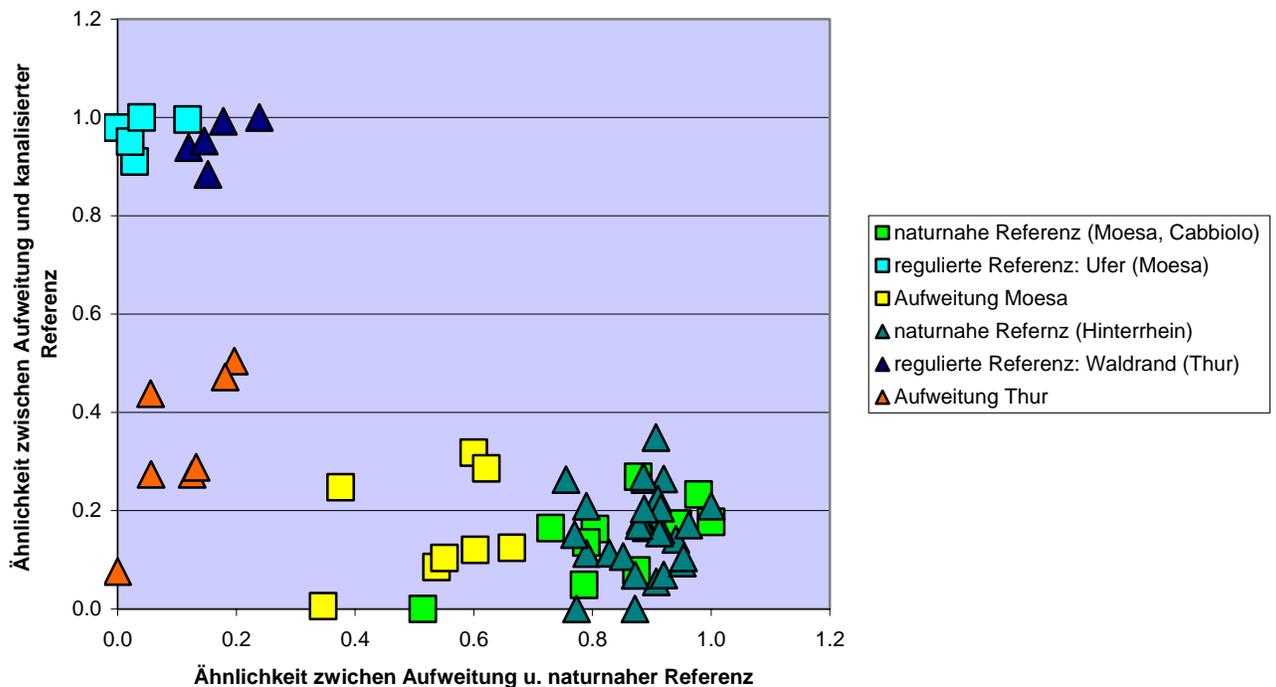
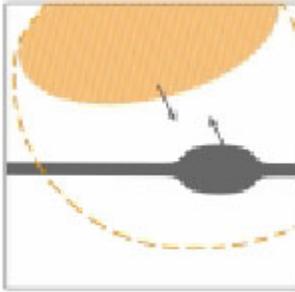


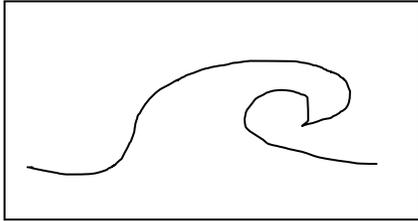
Abb.3: Ähnlichkeit zwischen Vegetationsaufnahmen von Aufweitungen, naturnaher Referenzstrecke und regulierter Referenz (Rohde 2004). Bei einem Ähnlichkeitswert „1“ sind die Aufnahmen identisch.

13.7 Funktionale Wechsewirkungen zwischen Auenlebensräumen ermöglichen



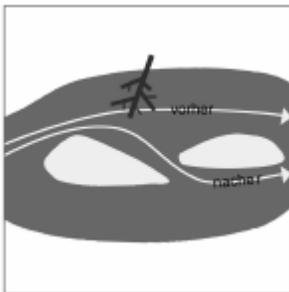
Wo immer möglich sollte im Rahmen von Aufweitungen die Anbindung von Auenresten (Auwaldrelikte, Flutrinnen, Altarme) in Betracht gezogen werden. Damit können sich vielfältige, funktionale Wechselwirkungen zwischen Auenlebensräumen unterschiedlich langer Überflutungsdauer und unterschiedlicher Überflutungsintensität einstellen.

13.8 Schwall-Sunk-Strecken vermeiden



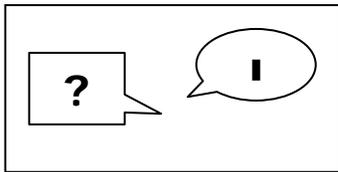
Der Schwall-Sunk-Betrieb von Speicherkraftwerken verursacht einen sehr raschen und vielerorts mehrfach täglichen Wechsel des Wasserpegels. Diese künstlichen Hoch- und Niedrigwasser führen unter anderem dazu, dass Wasserlebewesen fortgespült werden und Uferteile trocken fallen. Sie verhindern ausserdem die Ausbildung von Uferröhrichten. Schwall-Sunk-Strecken schliessen Aufweitungen nicht aus, jedoch ist das ökologische Entwicklungspotenzial gegenüber hydrologisch unbeeinflussten Fliessgewässerstrecken aufgrund des täglich stark schwankenden Wasserspiegels reduziert. Derzeit laufen an der EPFL Untersuchungen in wie fern sich Aufweitungen in Schwall-Sunk-Strecken positiv auf das gesamte Gewässersystem auswirken (tobias.meile@epfl.ch).

13.9 Totholz im Fluss belassen, ggf. verankern



Nach Möglichkeit sollten Bäume, die z.B. aufgrund der Seitenerosion in das Gerinne gestürzt sind im Fluss belassen werden. Sie können sich bettbildend auswirken und wirken als Fischunterstand. Falls die Gefahr einer Verklausung besteht, sollte geprüft werden, ob ausgewählte (sturzfährdete) Bäume am Ufer verankert werden können (Bsp. Aufweitung der Thur bei Gütighausen).

13.10 **Öffentlichkeitsbeteiligung**



Die Untersuchungen im Rahmen des Rhône-Thur Projektes haben gezeigt, dass der Erfolg eines Aufweitungsprojektes im Wesentlichen davon abhängt, in welchem Ausmass und auf welche Art und Weise die betroffene Bevölkerung in den Planungsprozess einbezogen wird. Deshalb sollte der Öffentlichkeitsbeteiligung zu Beginn an ein grosses Gewicht beigemessen werden.

13.11 **Umwelverträglichkeitsprüfung**



Im Rahmen der Planungen sollte überprüft werden, ob bestehende ökologische Werte (z.B. Wälder) durch den Bau einer Aufweitung (z.B. durch nötige Rodung) beeinträchtigt werden oder verloren gehen. Diese bestehenden Werte sind den potenziell zu erwartenden Werten einer Aufweitung gegenüber zu stellen und gegeneinander abzuwägen. Gegebenenfalls sollte die Planung entsprechend angepasst werden.

13.12 **Umweltbildung und Nutzungskonzept**

Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass Aufweitungen sehr schnell und in grossem Masse von Erholungssuchenden angenommen werden. Dies kann unter Umständen zu Konflikten mit dem Ziel der ökologischen Aufwertung führen. Zur Vermeidung bzw. Minimierung solcher Konflikte sollte der Plan zum Bau einer Aufweitung auch ein Nutzungskonzept beinhalten. Dies kann bspw. Grillstellen ausweisen, die Versorgung mit Brennholz regeln, Ein- u. Ausstieg für BootsfahrerInnen kennzeichnen etc.

Von grosser Bedeutung ist auch die Information über den Wert dieser Aufweitung für Mensch und Natur und was getan werden muss, damit dieser Wert langfristig sicher gestellt werden kann. Vielfach geschehen Schädigungen aus Unwissenheit und Unachtsamkeit. Das Beispiel der Thur zeigt, dass Information hier ein Bewusstsein schaffen kann, dass ein Nebeneinander verschiedener Interessen möglich ist.

14 Kostenminimierung

Die Kosten für den Bau variieren stark von Projekt zu Projekt und sind in grossem Masse abhängig von den lokalen Rahmenbedingungen (Lohnkosten, nötiger Landerwerb, Bodenpreise etc.). Daher können hier nur allgemeine Tipps zur Kosteneinsparung gegeben werden.

Folgende Punkte können zu einer entscheidenden Kostenminimierung führen:

- Erdmassen aus der Gewässerbettaufweitung sollten so weit wie möglich vor Ort bspw. zur Anhebung der Gewässersohle oder zur Aufschüttung von Inseln verwendet werden (Ersparnis von Transport- bzw. Deponiekosten),
- Frühzeitige Einbeziehung und Berücksichtigung der Anliegen der Bevölkerung. (Ersparnis von Rekursen, Bauverzögerungen bzw. Notwendigkeit von Alternativplanungen),
- Intensive Bauleitung, um Fehler bei der komplexen Bauausführung zu vermeiden,
- Flächentausch, ggf. im Rahmen eines allgemeinen Flurneuordnungsverfahrens.

Sonderfall Kiesverkauf:

Durch den Verkauf des bei dem Bau der Aufweitung anfallenden Kieses kann ein Teil der Baukosten, in Einzelfällen sogar die gesamten Baukosten, kompensiert werden. In Gewässern mit Geschiebedefizit ist jedoch von einem solchen Verfahren abzusehen, denn eine weitere Materialentnahme wirkt sich negativ auf die Entwicklung auetypischer Strukturen und die angestrebte Sohlenhebung aus.

Nur bei ausreichender Geschiebezufuhr ist der Verkauf des anfallenden Kieses ein geeignetes Mittel, die Kosten der Aufweitung zu senken. Doch auch in Fällen mit ausreichender Geschiebezufuhr sollte das Material aus gewässerökologischer Sicht im System verbleiben.

15 Identifikation erfolgversprechender Gewässerabschnitte

15.1 Idee, Ziel, Bezugsraum

15.1.1 Idee

Häufig ist es effizienter an jenen Flüssen eine Aufweitung zu bauen, die nur wenig beeinträchtigt sind. Denn an Flüssen mit mehreren Beeinträchtigungen besteht die Gefahr, dass die Verbesserung einer morphologischen Beeinträchtigung mittels Aufweitung unter Umständen ihre Wirkung, auf Grund der weiteren, bestehenden Beeinträchtigung nicht voll entfalten kann. Zum anderen hat sich gezeigt, dass der Erfolg einer Aufweitung nicht nur von den ökologischen, sondern auch von den sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen abhängt.

Es gilt also jene Gewässer(-abschnitt) zu identifizieren, die sich aufgrund ihrer günstigen ökologischen und sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen besonders gut für Gerinneaufweitungen eignen und damit erfolgversprechend erscheinen.

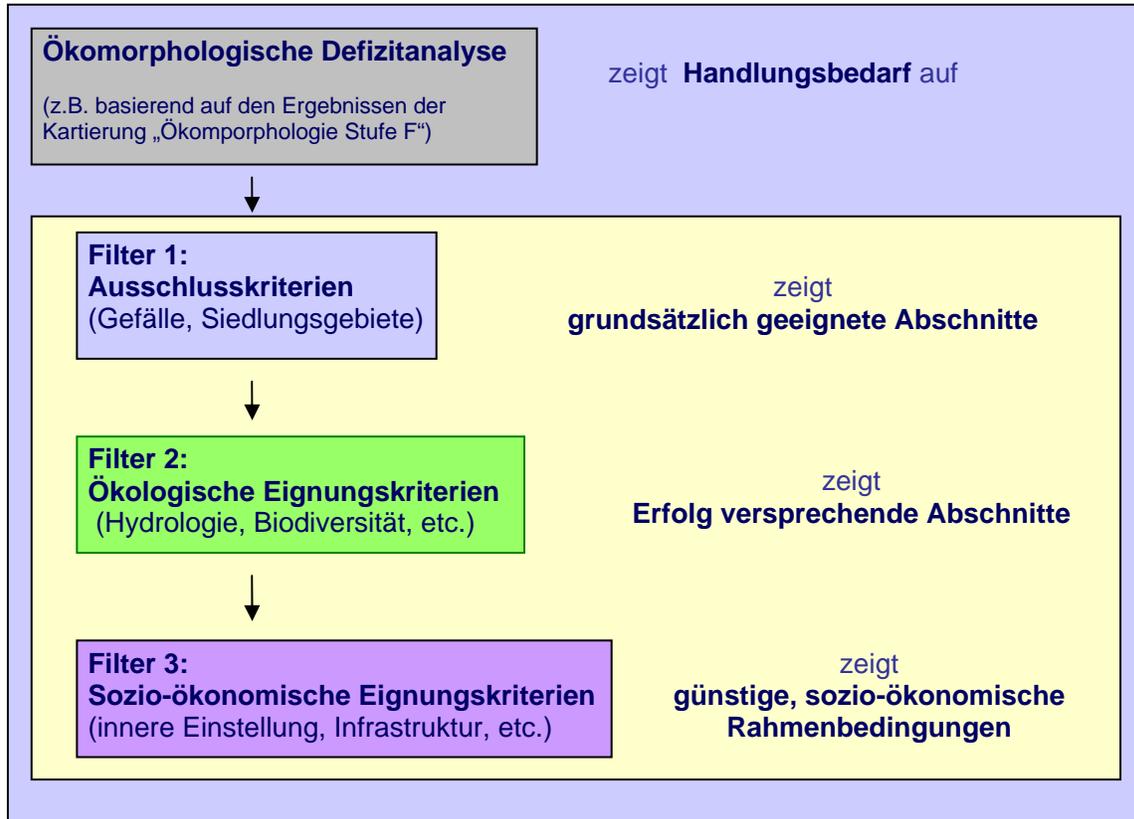
15.1.2 Ziel

Bereitstellung eines umfassenden Kriterienkatalogs für ein GIS-basiertes „Pre-screening“ zur Identifikation jener Gewässer(-abschnitte), die sich aufgrund ihrer günstigen ökologischen und sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen besonders gut für Gerinneaufweitungen eignen.

15.1.3 Bezugsraum

Land, Kanton, Einzugsgebiet

15.2 Die Suchstrategie im Überblick



(Rohde 2004)

15.3 Filter 1: Ausschlusskriterien

Identifiziert grundsätzlich geeignete Gewässerabschnitte

Kriterium	Ausprägung	Erläuterung
Gefälle < 6%	ja/nein	Erst ab einem Gefälle < 6% mäandriert bzw. verzweigt sich ein Gewässer. Bei einem Gefälle > 6% stellt sich natürlicherweise ein gestreckter Lauf ein.
ausserhalb Siedlungsgebiet	ja/nein	Es wird davon ausgegangen, dass grossflächige Aufweitungen innerhalb des Siedlungsgebietes nicht realisierbar sind.

Bei den genannten Kriterien handelt es sich um Ausschlusskriterien.

Ein Gewässerabschnitt wird nur dann als „grundsätzlich geeignet“ betrachtet, wenn beide Kriterien mit „ja“ beantwortet werden können.

15.4 Filter 2: Ökologische Eignungskriterien

Identifiziert geeignete Gewässerabschnitte aufgrund günstiger ökologischer Rahmenbedingungen.

Kriterium	Erläuterung
<i>Geschiebe</i>	
Sedimenthaushalt	Erosions- und Auflandungsprozesse führen zu einem vielfältigen Habitatmosaik mit Inseln, Bänken, Abbruchkanten, Kolken etc. Die besten Voraussetzungen sind bei einem ausgeglichenen Sedimenthaushalt gegeben.
<i>Hydrologie</i>	
Wasserentnahme (%)	Wasserentnahme greift in die natürlichen Abflussverhältnisse ein. Zudem erreichen Restwasserstrecken im Sommer schneller kritische Maximalwerte, die insbesondere Fischen zu schaffen machen können.
Schwallbetrieb	Die künstlichen Wasserstandsschwankungen gefährden Tiere durch Drift bzw. Trockenfallen und verhindern das Aufkommen von Vegetation. Zudem wird das Temperaturregime verändert .
Staubereich	Im Bereich von Dämmen, Wehren etc. ist die natürliche Fließdynamik unterbrochen. Dies erschwert die Etablierung auentypischer Arten- u. Lebensgemeinschaften.
<i>Wasserqualität</i>	
Wasserqualität	Die Wasserqualität bestimmt welche Arten sich potentiell in einer Gerinneaufweitung ansiedeln können, denn viele Organismen reagieren empfindlich auf eine schlechte Wasserqualität. (link Benthos)
Anteil Ackerfläche (%)	Durch Erosion gelangen mit dem Regenwasser Nährstoffe, Pestizide, Feinmaterial etc. in die Gewässer. Ein hoher Anteil Feinmaterial kann zu einer Schliessung des Lückensystems der Flusssohle führen. Dies wirkt sich u.a. negativ auf Benthosorganismen und den Austausch mit dem Grundwasserkörper aus.
<i>Vernetzung</i>	
Entfernung zum nächsten Auengebiet von nationaler Bedeutung (km)	Naturnahe Auengebiete sind Besiedlungsquellen. Je näher eine Aufweitung (stromabwärts) an einem naturnahen Auengebiet liegt, umso grösser ist die Chance, dass diese von auentypischen Arten besiedelt wird.
Entfernung zu Kiesgruben (km)	Kiesgruben dienen einigen auentypischen Arten als Sekundärhabitat. Diese Sekundärhabitate können ebenfalls als Besiedlungsquelle dienen.
Migrationshindernisse	Migrationshindernisse wie z.B. Wehre, Abstürze, Schwellen etc beeinträchtigen das Wanderverhalten von Fischen und Wirbellosen.
<i>Biodiversität</i>	
Anteil auentypischer Pflanzenarten am regionalen Artenpool (%)	Je grösser der Anteil auentypischer Arten in einem Einzugsgebiet umso grösser ist die Besiedlungswahrscheinlich neu geschaffener Lebensräume.
Anteil auentypischer Tierarten am regionalen Artenpool (%)	dito.

15.5 Filter 3: Sozio-ökonomische Eignungskriterien

Identifiziert Gewässer(-abschnitte) mit günstigen sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen

Kriterium	Ausprägung	Erläuterung
Schutzdefizit	ja/nein	Flussrevitalisierungen werden meist im Verbund mit Hochwasserschutzmassnahmen durchgeführt. In Gebieten, in denen ein Defizit beim Überflutungsschutz besteht, ist daher die Wahrscheinlichkeit grösser, dass sich eine Revitalisierung realisieren lässt.
Distanz zwischen Fluss und Infrastruktur grösser als ca. 3 x die Flussbreite	ja/nein	Infrastrukturen wie Gasleitungen, Eisenbahn, Gebäude etc. engen die Möglichkeit einer Aufweitung ein.
Entfernung zum nächsten Siedlungsgebiet < 10km	ja/nein	Aufweitungen sind beliebte Naherholungsgebiete. Sie sollten daher in der Nähe von Siedlungen sein.
Politische Einstellung der Bevölkerung	ökologisch/ technokratisch	Die Einstellung der Bevölkerung gegenüber Umweltmassnahmen gibt Hinweise auf die mögliche Akzeptanz von Revitalisierungsmassnahmen und erforderliche Öffentlichkeitsarbeit.

15.6 Berechnung des ökologischen Eignungs-Indexes

1. Jeder **Kriterien-Ausprägung** wird ein „**Eignungswert**“ zugewiesen. Die Eignungsfunktion wurde innerhalb einer Expertengruppe des Rhône-Thur Projektes ermittelt (Tabelle 1).

Tabelle 1: Kriterien zur Berechnung des *ökologischen Eignungs-Index*. Eignungswerte und Gewichtung (Expertensystem).

Kriterium	Ausprägung	Eignungswert	Gewichtung
Hydrologie			
Wasserentnahme (%)	< 20	100	22 %
	<20 + erhöhter Winterabfluss	88	
	20-40	63	
	40-60	13	
	60-80	13	
	> 80	13	
Schwallbetrieb	ja	0	20 %
	nein	100	
Staubereich	ja	0	20 %
	nein	100	
Wasserqualität			
Wasserqualität (bei Gewässerabschnitten für die keine Daten vorlagen wurde eine „gute“ Wasserqualität angenommen)	sehr gut	100	8 %
	gut	100	
	mässig	60	
	unbefriedigend	20	
	schlecht	0	
Anteil Ackerfläche (%) ¹⁾	0 – 2.33	100	8 %
	2.33 – 6.69	75	
	6.69 – 12.3	50	
	12.3 – 21.59	25	
	21.59 – 35.88	0	
Vernetzung			
Entfernung zum nächsten Auengebiet von nationaler Bedeutung (km)	0-10	100	10 %
	10-25	83	
	25-50	60	
	50-100	40	
	> 100	0	
Entfernung zu Kiesgruben (km)	< 1	100	2 %
	> 1	0	
Biodiversität			
Anteil auentypischer Pflanzenarten am regionalen Artenpool (%) ¹⁾	0-9	13	5 %
	10-33	33	
	34-50	75	
	51-69	100	
	70-100	100	
Anteil auentypischer Tierarten am regionalen Artenpool (%) ¹⁾	0-8	13	5 %
	9-20	33	
	21-33	75	
	34-50	100	
	51-74	100	

¹⁾ Die Ausprägungsklassen basieren auf „natural breaks“ in den zugrunde liegenden Daten.

2. Entsprechend ihrem postulierten Einfluss auf den Erfolg von Gerinneaufweitungen werden die Kriterien unterschiedlich **gewichtet** (Tabelle 1).

3. Berechnung des ökologischen Eignungs-Index durch **Verschneidung** der einzelnen Datengrundlagen (Karten) im ArcView GIS 3.3 mit ModelBuilder 1.0a (Abb. 1 +2).

4. Klassifizierung/Index:

- 0-25 mässig geeignet
- 26-50 geeignet
- 51-75 gut geeignet
- 76-100 sehr gut geeignet

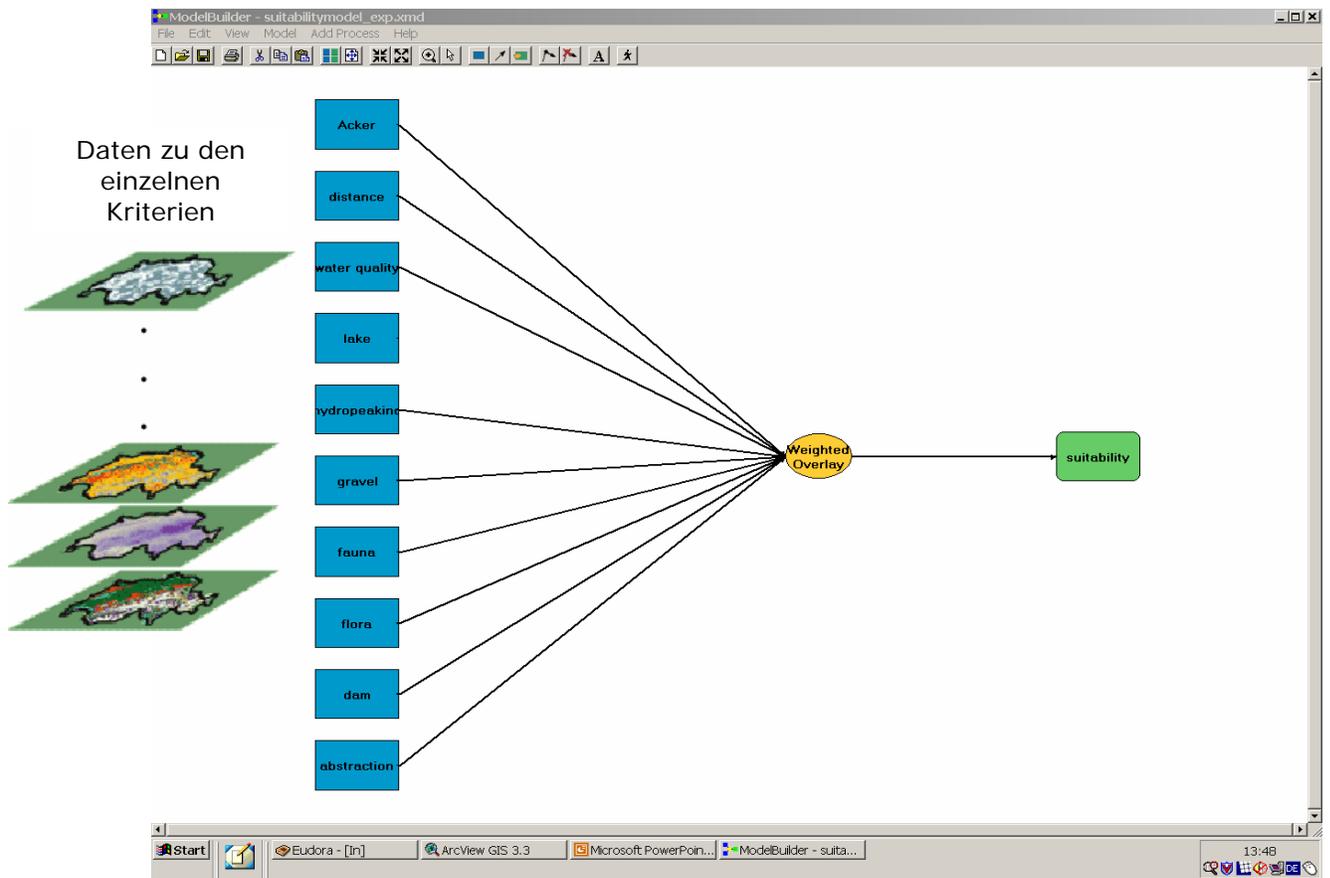


Abb.1: Gewichtete Verschneidung („Weighted Overlay“) der einzelnen Datensätze im GIS (ModelBuilder 1.0a).

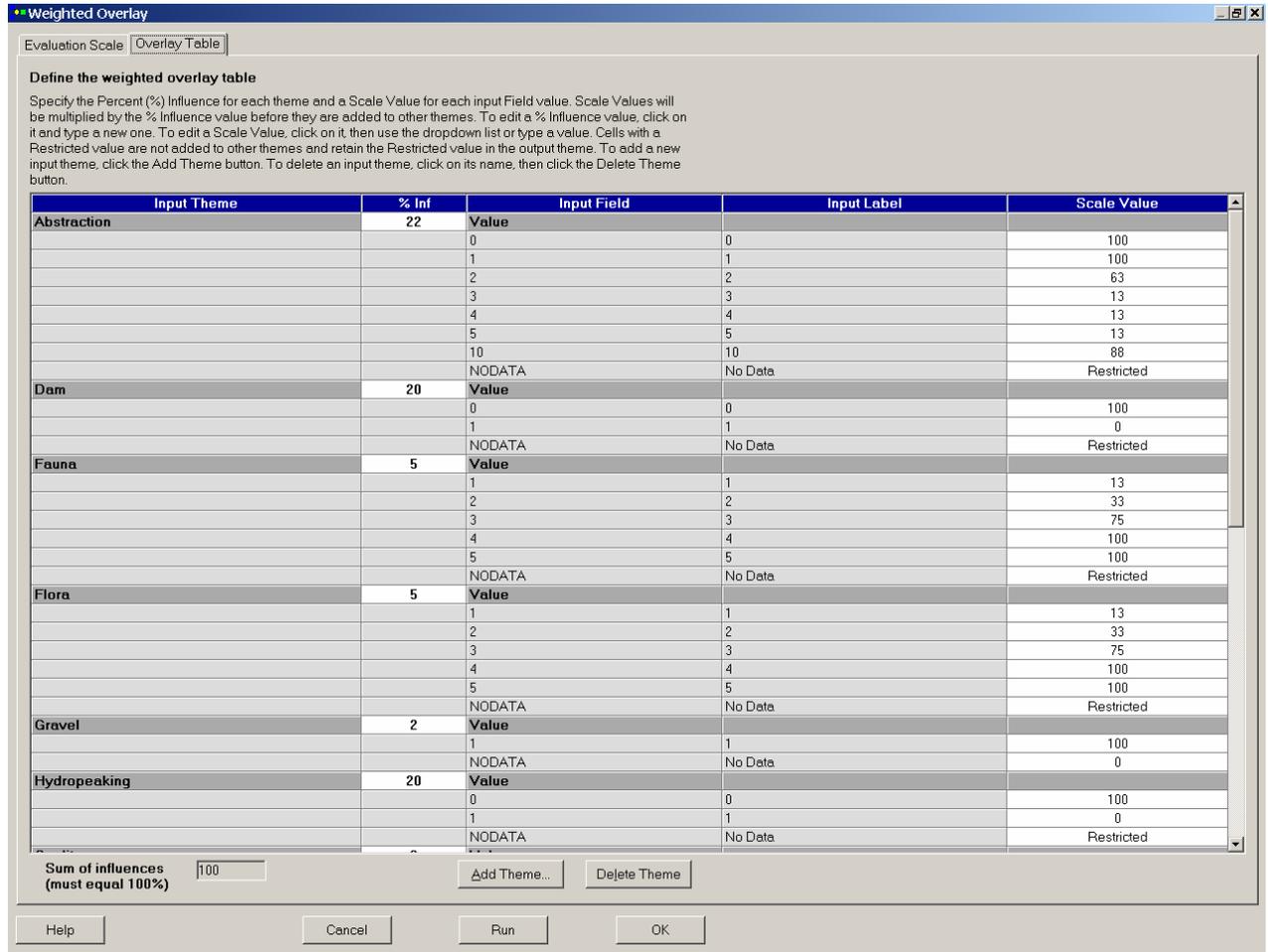


Abb.2: Ausschnitt der Gewichtungstabelle („Weighted Overlay“) aus ModelBuilder 1.0a.

15.7 Fallbeispiel Schweiz

15.7.1 Aussageschärfe

Bei der Datenanalyse wurde auf unterschiedliche Daten zurückgegriffen. Teilweise lagen diese bereits im GIS-Format vor, teilweise mussten GIS-kompatible Daten erst generiert werden. Dabei liessen sich technisch bedingte Abweichungen zwischen Originaldaten und GIS-Daten nicht immer vermeiden. Aufgrund dieser Abweichungen und der zum Teil groben Auflösung der Originaldaten liegt die Aussageschärfe der Ergebniskarte im km-Bereich.

15.7.2 Ergebniskarten

Abbildung 3 zeigt den ökologischen Eignungs-Index aufgrund der Experten-Gewichtung (Tab.2). Welche Werte für den ökologischen Eignungsindex erreicht werden, wenn alle Kriterien gleich gewichtet werden zeigt Abb.4.

Tab.2: Gewichtungssystem

Kriterium	Expert	Gleich
<i>Hydrologie</i>		
Wasserentnahme (%)	22 %	11 %
Schwallbetrieb	20 %	11 %
Staubereich	20 %	11 %
<i>Wasserqualität</i>		
Wasserqualität	8 %	11 %
Anteil Ackerfläche (%)	8 %	11 %
<i>Vernetzung</i>		
Entfernung zum nächsten Auengebiet von nationaler Bedeutung (km)	10 %	11 %
Entfernung zu Kiesgruben (km)	2 %	11 %
<i>Biodiversität</i>		
Anteil auentypischer Pflanzenarten am regionalen Artenpool (%)	5 %	11 %
Anteil auentypischer Tierarten am regionalen Artenpool (%)	5 %	12 %

Eignung für Gerinneaufweitungen aufgrund der ökologischen Rahmenbedingungen Experten-Modell

Durchschnittlicher, ökologischer Eignungs-Index je Einzugsgebiet
(0-25 = mässig geeignet, 26-50 = geeignet, 51-75 = gut geeignet, 76-100 = sehr gut geeignet)

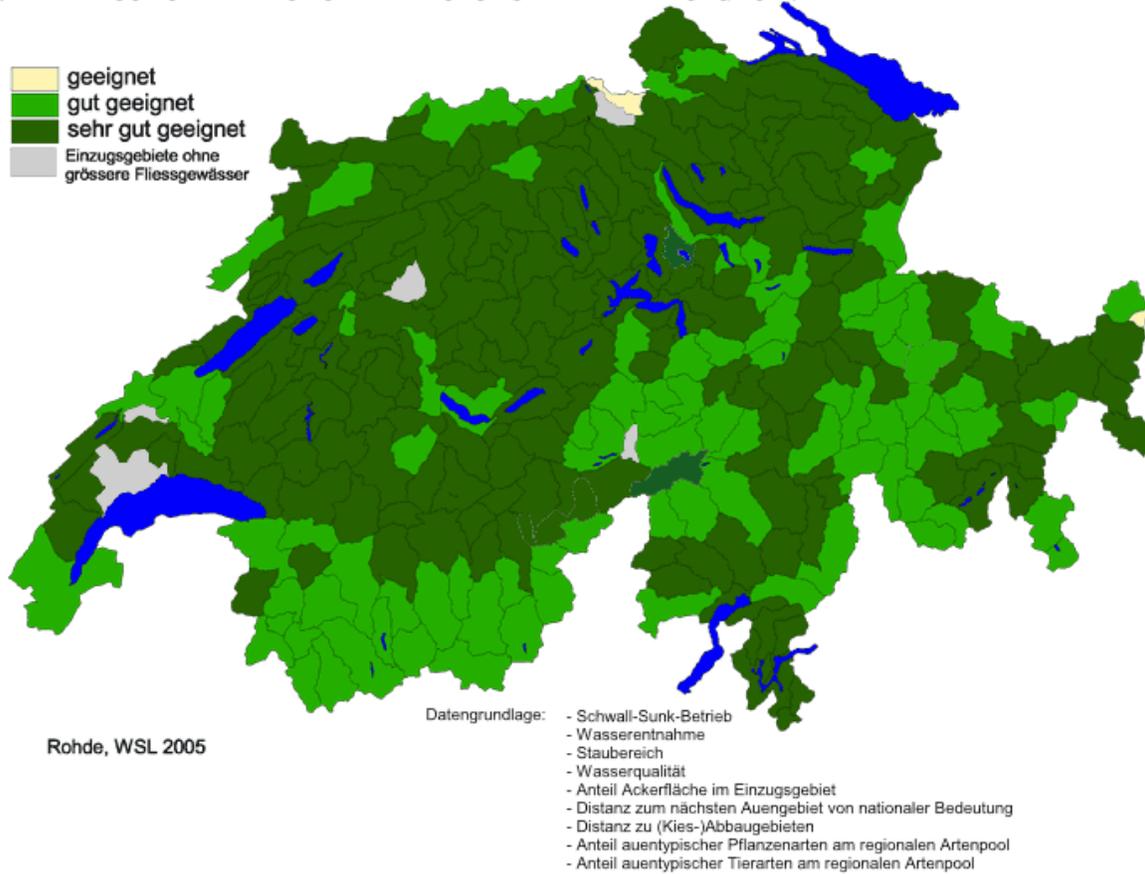


Abb. 3: Ökologischer Eignungs-Index (Expertenmodell).

Eignung für Gerinneaufweitungen aufgrund der ökologischen Rahmenbedingungen Gleichgewichts-Modell

Durchschnittlicher, ökologischer Eignungs-Index je Einzugsgebiet
(0-25 = mässig geeignet, 26-50 = geeignet, 51-75 = gut geeignet, 76-100 = sehr gut geeignet)

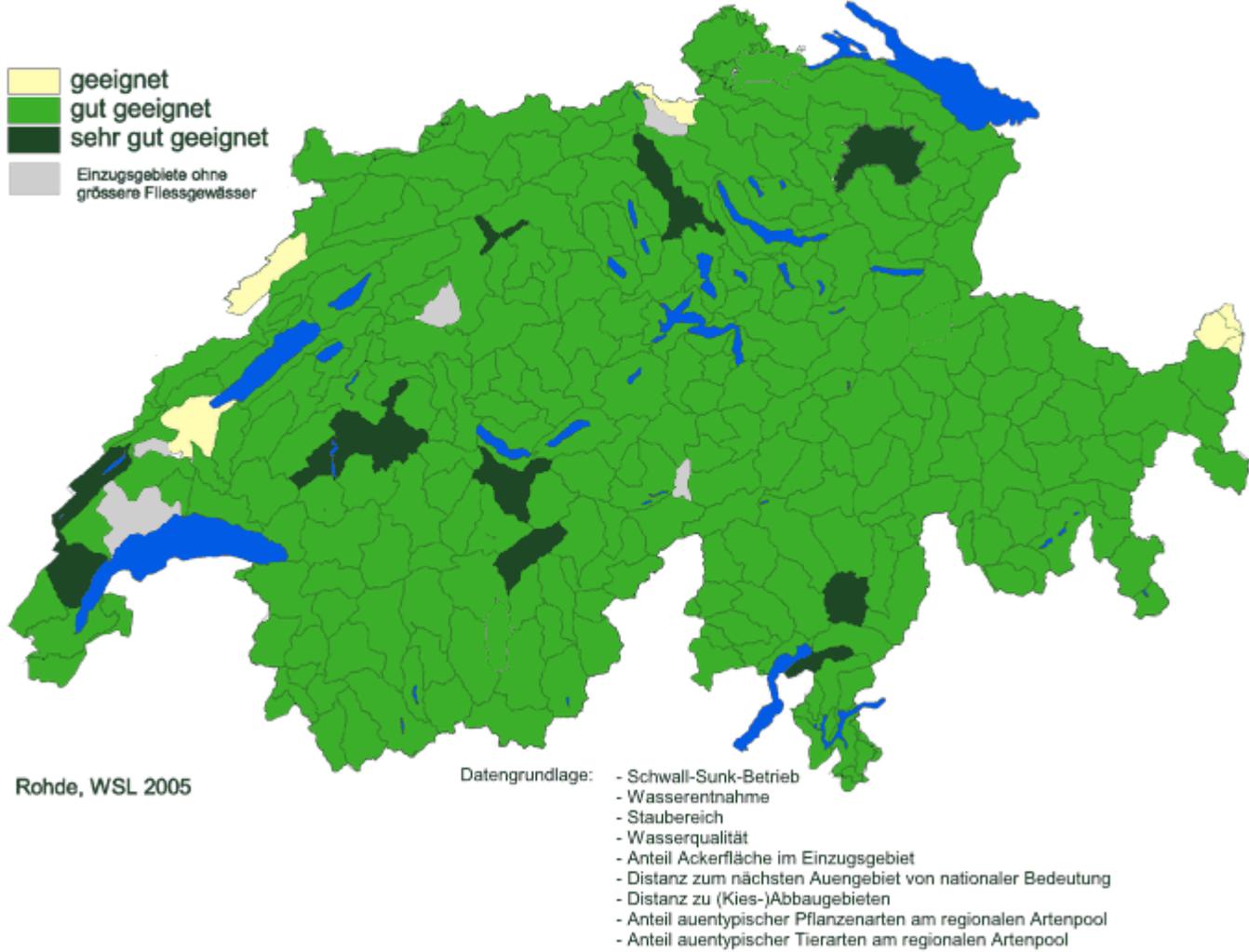


Abb.4: Ökologischer Eignungs-Index (alle Kriterien gleich gewichtet).

16 Die 12 Schritte eines idealen Planungsablaufs

Ausgangslage:

Sie haben sich bereits entschieden, wo Sie eine Aufweitung bauen wollen. Die betreffende Flussstrecke ist bereits festgelegt.

Planungsablauf: siehe Abbildung auf der nächsten Seite.

17 Literatur

- Ashmore P. E. (2001). Braiding phenomena: statics and kinetics, In: *Gravel-bed Rivers V* (Ed. M.P. Mosley), pp. 95-120. New Zealand Hydrological Society, Wellington, New Zealand
- Baumann, N. (2003). Wirkungen von Flussgerinneaufweitungen auf Vögel der Uferpionierstandorte - insbesondere Flussuferläufer (*Actitis hypoleucos*) und Flussregenpfeifer (*Charadrius dubius*). 92 pp. Diplomarbeit, EAWAG, Kastanienbaum
- Capelli, F. (2005). Indikatoren für die Evaluation von Revitalisierungsprojekten in der Praxis - eine Pilotstudie an der Thur. 83 pp. EAWAG, Kastanienbaum
- creato Netzwerk für kreative Umweltplanung (2001). ARGE Thurmündung 2000. Technischer Bericht.
- Hörger, C. und Keiser, Y. (2003). Verbreitung und Habitatsansprüche der Fische in der Thur unter spezieller Berücksichtigung des Strömers (*Leuciscus souffia*). 114 pp. Diplomarbeit EAWAG, Kastanienbaum
- Hunzinger, L. (1998). Flussaufweitungen – Morphologie, Geschiebehaushalt und Grundsätze zur Bemessung. Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH: 159.
- Hunzinger, L. (2004). Flussaufweitungen- Möglichkeiten und Grenzen. Wasser Energie Luft 9/10: 243-249.
- Limnex (2004). Erfolgskontrolle von Revitalisierungsmassnahmen an der Thur: Das Makrozoobenthos in Aufweitungsstrecken im Jahr 2003. Bericht.
- Marti, C., Bezzola, G. R., Minor, H.-E. (2004). Kolkproblematik in aufgeweiteten Flussabschnitten. Lebensraum Fluss, Symposium vom 16.-19. Juni 2004 in Wallgau, Band 1, Berichte des Lehrstuhls und der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Universität, 100, München, 239-248.
- Rohde, S. (2004). River restoration: Potential and limitations to re-establish riparian landscapes. Assessment & Planning. 133 pp. Diss.ETH No. 15496.ETH Zürich und WSL, Birmensdorf
- Rohde, S., Kienast, F. & Bürgi, M. (2004). Assessing the Restoration Success of River Widening: A Landscape Approach. Environmental Management 34: 574-589.
- Rohde, S. (2005). Flussaufweitungen lohnen sich! Ergebnisse einer Erfolgskontrolle aus ökologischer Sicht. Wasser Energie Luft 3/4: 105-111.
- Roulier C. & Vadi G. (2004). Erfolgskontrolle der Vegetationsdynamik Rhone: Stand der Forschung 2004. Wasser, Energie, Luft 11/12 : 309-314.

- Vadi G. & Roulier C. (2005). Suivi de la dynamique de la vegetation - Rapport succinct et resultats des travaux de 2004 au Rhône et la Thur. Service conseil Zones alluviales. Yverdon-les-Bains. 39 pp.
- Zarn, B. (1997). Einfluss der Flussbettbreite auf die Wechselwirkung zwischen Abfluss, Morphologie und Geschiebetransportkapazität. Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH: 154.