



Regierungspräsidium
Freiburg



Bundesamt für Wasser
und Geologie, CH-Biel

Potenzial der ökolo- gischen Verbesserung durch Reaktivierung des Geschiebes im Hochrhein

ÖKON GmbH
Regensburg



Potenzial der ökologischen Verbesserung durch Reaktivierung des Geschiebes im Hochrhein

Auftraggeber:

Regierungspräsidium Freiburg
Bundesamt für Wasser und Geologie, CH-Biel

Projektbegleitende Arbeitsgruppe:

Herr P. Y. Christen	Baudepartement des Kantons Aargau
Herr M. Epprecht	Bundesamt für Wasser und Geologie
Herr U. Gläser	Regierungspräsidium Freiburg
Herr Dr. U. Sieber	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
Herr H.-M. Staeber	Gewässerdirektion Südlicher Oberrhein/Hochrhein

Auftragnehmer:

ÖKON
Gesellschaft für Landschaftsökologie, Gewässerbiologie
und Umweltplanung mbH - Regensburg

Dr. F. Foeckler
Dipl. Ing. (FH) H. Schmidt

Bearbeitung:

Dipl. Ing. (FH) H. Schmidt
Dr. F. Foeckler
Dipl. Biol. O. Deichner
Dipl. Ing. J. Abegg (Kapitel 2: Geschiebetechnische Aspekte)

Mai 2002

Inhaltsverzeichnis

1.	Warum ist Geschiebe so wichtig?	1
2.	Geschiebetechnische Aspekte	2
3.	Geschiebe - Lebensgrundlage spezialisierter Tier- und Pflanzengemeinschaften.....	4
3.1	Gewässerfauna.....	4
3.2	Tiere und Pflanzen der Uferzonen, Kiesbänke und Inseln	6
4.	Der Hochrhein und seine Nebengewässer - eine funktionale Einheit.....	8
5.	Ökologische Anforderungen.....	11
6.	Gewässerökologische Beurteilung der vorgeschlagenen Maßnahmen.....	12
6.1	Geschiebeaktivierung und -weitergabe durch die Rheinkraftwerke.....	12
6.2	Uferrevitalisierung am Hochrhein.....	17
6.3	Uferrevitalisierungen sowie Einstellung von Geschiebe- baggerungen an ausgewählten Zuflüssen	18
6.4	Übersicht der Geschiebereaktivierungen in charakteristischen Flussabschnitten.....	19
6.5.	Bisherige Erfahrungen.....	21
7.	Zusammenfassung	23

Anlagen

1. Warum ist Geschiebe so wichtig?

Geschiebe ist ein unverzichtbares Element des Fließgewässer-Ökosystems. Es bildet die Flußsohle aus und trägt wesentlich zu deren Stabilität bei. Fehlendes Geschiebe in Fließstrecken führt zur Eintiefung des Flusses mit all ihren negativen Auswirkungen auf das Grundwasser und die Auen (z.B. GERKEN 1988). In seinen unterschiedlichen Ausprägungen ist es ein wichtiger Lebensraum für die charakteristische Fauna und Flora, insbesondere für Fische. Als Kiesbank, Schüttkegel in Flussmündungen oder Kiesufer abgelagert (sedimentiert), ist es eine charakteristische Struktur aller naturnahen Fließgewässer vom reißenden Bergbach bis zum trägen Flachlandstrom.

Früher waren die Zuflüsse des Hochrheins wichtige Lieferanten von Geschiebe. Die Begradigung dieser Fließgewässer führte zur Erhöhung der Fließgeschwindigkeit und zum beschleunigten Abtransport des Sohlenmaterials. Sie machten Ufer- und Sohl-sicherungen notwendig, die Einträge von Geschiebe durch Erosion verhindern und den Geschiebetransport reduzieren. Hinzu kamen Geschiebebaggerungen aus Gründen des Hochwasserschutzes. Alle diese Veränderungen reduzierten den Geschiebe-eintrag in den Hochrhein um etwa 40 – 95 % seit der Jahrhundertwende. Ufersicherungen am Hochrhein führten auch hier zur Reduzierung der Geschiebefracht.

Die zwischen 1898 und 1966 am Hochrhein gebauten Staustufen führten zum Aufstau des Fließgewässers über weite Strecken, verringerten sein Gefälle um zwei Drittel und schränkten seine Transportkapazität für Geschiebe erheblich ein. Das Restgeschiebe wird weitgehend in den Stauräumen der Kraftwerke abgelagert und ist ökologisch nicht mehr wirksam.

SCHÄLCHLI, ABEGG + HUNZINGER & UNIVERSITÄT KARLSRUHE (2000) erläutern im Bericht "Geschiebehaushalt Hochrhein" die geschiebetechnischen Aspekte und zeigen deutlich die Veränderungen der Geschiebefracht im Hochrhein und in vielen seiner Zuflüsse auf. Zahlreiche Maßnahmen zur Reaktivierung des Geschiebes werden vorgeschlagen.

Ziel der vorliegenden Studie ist es, abzuschätzen, welches ökologische Potenzial die Reaktivierung des Geschiebes im Hochrhein hat. Prämisse ist, dass naturnahe Flussoberläufe mit einer intakten Geschiebedynamik zu den „stark gefährdeten“ Lebensräumen zählen (z.B. RIECKEN et al. 1994). Viele der typischen Pflanzen- und Tierarten dieser naturnahen Fließgewässer sind heute „vom Aussterben bedroht“ oder „stark gefährdet“. Der Schutz sowie die Entwicklung dieser Lebensräume und Lebensgemeinschaften genießen aus ökologischer Sicht höchste



Obere Isar



Regen



Obere Donau



Ufer- und Sohlverbauung an der Glatt

Ziel der Studie

Priorität und sind wichtige Beiträge zum „Programm Rhein 2020 der Internationalen Rheinschutzkommission“ (IKSR 2001) sowie „Programm Lachs 2000“. Dabei spielt die Geschiebereaktivierung eine herausragende Rolle.

2. *Geschiebetechnische Aspekte*

Das Sohlenmaterial eines Fließgewässers und das transportierte Geschiebe sind bezüglich der Kornzusammensetzung oft nicht identisch.

Das **Sohlenmaterial** ist geprägt durch die Geologie und die Entstehungsgeschichte des Fließgewässers. Der Hochrhein hat sich in die glazialen Schotter der letzten Eiszeit eingetieft, es entwickelte sich eine grobkörnige Gewässersohle.

Das **Geschiebe** wird durch Zuflüsse oder Ufererosionen in den Hochrhein eingetragen und weist meistens kleinere Korndurchmesser auf als das Sohlenmaterial. Durch die Umlagerung bei größeren Abflüssen werden die Körner zunehmend abgerieben, der Korndurchmesser verkleinert sich weiter. In den nebenstehenden Bildern sind die unterschiedlichen Korngrößen von Sohlenmaterial und Geschiebe gegenübergestellt.

Ausbleibende Geschiebezufuhr führt zu einer ausgeprägten Deckschicht. Die Strömung wäscht die feinkörnigen Komponenten aus, die größeren Körner richten sich dachziegelartig aus. Sobald ein ausreichender Grenzabfluss erreicht wird, reißt diese Deckschicht auf und die groben Körner der Deckschicht vermischen sich mit dem feineren Untergrundmaterial. Anschließend folgt wieder eine Neubildung der Deckschicht, bei der die feineren Bestandteile des ursprünglichen Untergrundmaterials von neuem ausgewaschen werden. Dabei vergrößert sich die Deckschicht zunehmend und die Sohle tieft sich ein. Dieser Prozess wiederholt sich bei jedem Hochwasser, das zum Aufreißen der Deckschicht führt. Die zunehmende Vergrößerung der Deckschicht und die langsam fortschreitende Sohleneintiefung führen zu einer Verringerung des Längsgefälles. Zum Aufreißen der Deckschicht sind immer größere Hochwasser erforderlich. Letztlich bildet sich eine grobblockige Abpflasterung der Sohle, die nur noch selten aufgerissen wird.

Die Porenräume zwischen den Körnern des Sohlenmaterials füllen sich zunehmend mit Schwebstoffen (Kolmation), die jeweils wieder ausgewaschen werden, sobald die Decksicht aufreißt (Dekolmation). Bei einer grobblockigen Sohlenabpflasterung reißt die Deckschicht höchstens bei extremen, selten auftretenden Hochwasserereignissen auf, der Lückenraum der Sohle



Ausgesprochen grobkörnige Sohle der Thur im Bereich einer Endmoräne und feine Geschiebekörner, die sich darauf abgelagert haben



Grobkörnige Deckschicht mit Geschiebeablagerungen in der Restwasserstrecke des Aare-Kraftwerkes Aarau-Stadt

Entwicklung der Sohle bei ausbleibender Geschiebezufuhr



Grobe und stark abgeplästerte Deckschicht in der Restwasserstrecke des Aare-Kraftwerks Wildegg-Brugg



Grobe und abgeplästerte Deckschicht in der Restwasserstrecke des Kraftwerks Albruck-Dogern

bleibt fast permanent verstopft. Laut BUWAL (1999) sind etwa 80 % der Sohle des Hochrheins kolmatiert.

In die Stauhaltung des [Kraftwerks Eglisau](#) wird das Geschiebe aus der Thur und - in geringerem Umfang - der Töss eingetragen. Die oberliegende Rheinrecke ist dagegen weitgehend geschiebelos. Das Geschiebe aus der Thur, die im Bereich der Stauwurzel des Kraftwerks Eglisau in den Rhein mündet, lagert sich zwischen der Thur- und der Tössmündung ab. Aus Hochwasserschutzgründen werden die Ablagerungen zwischen der Thurmündung und der Rheinbrücke Rüdlingen sowie an der Tössmündung periodisch gebaggert (Baggervolumen Thurmündung: 100.000 – 200.000 m³ pro Baggerung) und so dem Hochrhein entzogen.

Bei den im Bericht „Geschiebehaushalt Hochrhein“ vorgeschlagenen temporären Stauabsenkungen werden die Ablagerungen in den Mündungsbereichen der Zuflüsse erodiert und das Geschiebe im tieferen Staubereich abgelagert. Die Verlandung des tiefen Staubaums ist notwendig, um den Transport von Thur- und Tössgeschiebe durch die Stauhaltung zu ermöglichen (siehe Abb. 1 im Anhang).

Durch den Geschieberückhalt in der Stauhaltung Eglisau (und Reckingen) ist die längste der drei noch verbliebenen [freien Fließstrecken](#) weitgehend geschiebelos. Aufgrund des beschriebenen Prozesses der Deckschichtbildung ist die grobkörnige Sohle stark abgeplästert und kolmatiert, es herrscht ein ausgesprochener Mangel an morphologischen Strukturen (z.B. Kiesbänke). Die zwei verbliebenen Inseln konnten nur mit erosionshindernden Maßnahmen (Blockwurf bei der Insel Zurzach, hochliegender Düker unmittelbar flussabwärts der Insel bei Rietheim) erhalten werden.

Bei einer Reaktivierung der Geschiebezufuhr in dieser Strecke kann mit einer größeren Vielfalt an morphologischen Strukturen gerechnet werden. Mögliche Ausbildungen sind in den nebenstehenden Bildern am Beispiel der Thur dargestellt. Mit einer mehr oder weniger regelmäßigen Geschiebezufuhr (in Abhängigkeit der hydrologischen Verhältnisse) kann davon ausgegangen werden, dass die Geschiebeablagerungen bei Hochwasserabflüssen jeweils umgelagert und die im Porenraum eingelagerten Schwebstoffe regelmäßig ausgewaschen werden.



Verschlammtes Geschiebe

Geschiebetransport in den Stauhaltungen am Beispiel des Kraftwerks Eglisau

Geschiebetransport in freien Fließstrecken



Ausgedehnte Geschiebebank entlang einer Kurveninnenseite (Gleithang) der Thur bei Gütighausen



Kiesbank in einer Aufweitungsstrecke (Bildmitte) und entlang einem Gleithang (links im Bild) der Thur bei Gütighausen

3. *Geschiebe - Lebensgrundlage spezialisierter Tier- und Pflanzengemeinschaften*

Lückenraum-Interstitial

Das Sohlenmaterial sowie das abgelagerte Geschiebe bilden eine wichtige Lebensgrundlage für die artenreiche Flora und Fauna frei fließender Gewässer, sei es als Aufenthalts- oder Rückzugsraum, Fortpflanzungs- oder Wuchsort. Insektenlarven und andere Kleintiere, aber auch Fischlaich und -larven finden im Lückenraum (Interstitial) des abgelagerten Geschiebes Schutz vor Verdriftung und Feinden (vgl. KIRCHHOFER 2001). Gleichzeitig bietet die Oberfläche der Steine mit ihrem Bewuchs an Aufwuchsalgen einen reich gedeckten Tisch für die Wirbellosen. Diese Funktionen kann das Substrat jedoch nur erfüllen, wenn das Lückensystem von sauerstoffreichem Frischwasser durchströmt wird und nicht verschlammt. Nur eine regelmäßige Umlagerung des Geschiebes kann dies garantieren.

3.1 *Gewässerfauna*

Der Hochrhein ist aus fischbiologischer und fischereilicher Sicht ein bedeutendes Gewässer. Die beschriebenen Veränderungen haben diese Funktion jedoch erheblich eingeschränkt. Am augenscheinlichsten war das Aussterben des Lachses oder der Rückgang von Nase und Äsche, die alle zu den kieslaichenden Fischarten zählen.

Fische

Nach GERSTER (1991) war der Hochrhein vor dem Staustufenbau über weite Strecken charakteristischerweise der Äschenregion zuzurechnen, die durch strömungsliebende Arten wie Äsche, aber auch Bachforelle, Nase oder Strömer charakterisiert ist. Heute ist er aufgrund der veränderten Gefälle- und Strömungsverhältnisse über weite Strecken der Barben-, teilweise sogar der Brachsenregion zuzurechnen, deren typische Arten geringere Ansprüche an die Strömungsverhältnisse und das Laichsubstrat stellen. Charakteristisch sind in dieser Region Flußbarsch/Egli, Brachse/Brachsmen, Laube/Ukelei, Rotauge oder Schleie.



Äsche (aus Thüringer Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt 1992)

Der Aufstau des Rheins sowie die beschriebenen Veränderungen des Sediments/Substrats und der Uferstrukturen führen zur Beeinträchtigung der Fortpflanzung der charakteristischen Fische. Viele dieser Arten benötigen lockeres Substrat, um ihre Eier entweder an Steine zu heften (Äsche, Nase) oder in mit den Schwanzflossen geschlagenen Laichgruben abzulegen (z.B. Bachforelle). Bevorzugte Laich- und Jungfischhabitats sind Flachwasserzonen. Abbildung 2 im Anhang zeigt, dass oberhalb des Rheinfalls die Lebens- und Fortpflanzungsbedingungen für

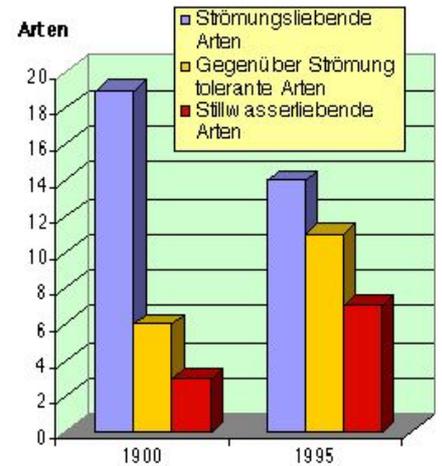
die Fische aufgrund der besseren Standortverhältnisse (vgl. Kap. 6.4) noch deutlich günstiger sind.

Trotz erheblicher Besatzmaßnahmen mit Jungfischen verschiedener Arten gingen die Fangzahlen über weite Strecken in den letzten Jahrzehnten deutlich zurück (vgl. Abb. 2 im Anhang). Der Besatz kann die ungünstigen Fortpflanzungsbedingungen nicht kompensieren. Laut GERSTER (1991) müssen zukünftig eine Gewässerrenaturierung und die Verbesserung der Durchgängigkeit wesentlich stärker verfolgt werden, als die unvollkommenen Kompensationsmaßnahmen durch Jungfischbesatz.

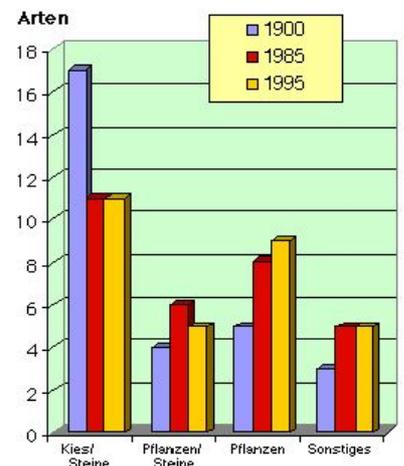
Vergleicht man die Erhebung der Fische um 1900 mit denen von 1985 und 1995 (vgl. Tab. 1 im Anhang), wird deutlich, dass die Zahl der ursprünglich charakteristischen strömungsliebenden Arten von 19 auf 14 abgenommen hat. Viele dieser Arten, die heute noch vorkommen, sind selten oder haben sich auf bestimmte Flussabschnitte zurückgezogen. Dagegen hat sich die Zahl der Stillgewässer bewohnenden oder gegenüber der Strömung wenig anspruchsvollen Arten, von 9 auf 18 verdoppelt (vgl. nebenstehende Abbildung). Noch stärker haben in diesem Zeitraum die typischen Kies- oder Hartsubstratlaicher abgenommen (von 17 auf 11). Ihre Stelle haben vorwiegend an Pflanzen ablaichende Arten eingenommen, die sich nahezu verdoppelten (von 5 auf 9 – siehe Abbildung).

1995 wurden 39 Fischarten im Hochrhein festgestellt, von denen 8 nicht zur heimischen Fauna gehören (z.B. Sonnenbarsch, Katzenwels, Graskarpfen). Insgesamt sind 21 Arten in der Schweiz und 14 in Baden-Württemberg gefährdet; davon sind Seeforelle, Aal, Bitterling, Schneider, Strömer, Steinbeißer/Dorngrundel und Trüsche/Quappe in Baden-Württemberg und/oder der Schweiz „vom Aussterben bedroht“ oder „stark gefährdet“ (vgl. Tab. 1 im Anhang).

Krebse, Muscheln, Wasserschnecken, Wasserkäfer oder die Larven von Köcher-, Eintags- und Steinfliegen sowie der Libellen beispielsweise zu den Wasserwirbellosen. Wie die Fische bewohnen sie die unterschiedlichsten Gewässer- und Substrattypen. Unter ihnen gibt es ausgesprochene Flussarten. Für die Libellen sind beispielsweise die stark gefährdete Kleine Zangenlibelle oder die Gelbe Keiljungfer am Hochrhein typisch, deren Larven ebenfalls sandige und kiesige Substrate bewohnen. Besonders hervorzuheben ist das einzige Vorkommen der Großen Zangenlibelle in der Schweiz bei Ellikon (HOFMANN 1996). Alle Arten stehen im Nahrungsnetz in direkten und indirekten Beziehungen zueinander. So sind die Wasserwirbellosen die Nahrungsbasis und damit eine Lebensvoraussetzung für die Fische. Mit dem Verlust der anspruchsvollen strömungsliebenden



Abnahme der strömungs- sowie Zunahme der stillwasserliebenden Rhein-fische zwischen 1900 und 1995



Abnahme der auf Hartsubstrat laichenden Fischarten zwischen 1900 und 1995

Wasserwirbellose



Keiljungfer

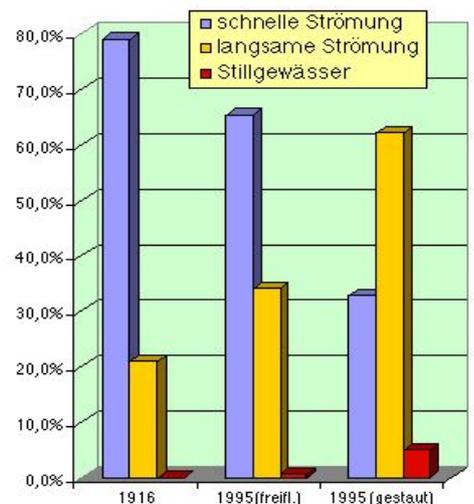
den und sauerstoffbedürftigen Arten geht der Rückgang der typischen Flussfische einher.

Für den gesamten, um die Jahrhundertwende noch weitgehend ungestauten Hochrhein nennt Lauterborn (1916) 37 typische Arten. Vergleicht man diese Daten mit der Artenzusammensetzungen eines noch freifließenden (Rietheim) und eines gestauten Hochrheinabschnitts (Rheinau) im Jahr 1995 (REY & ORTLEPP 1997), so zeigt sich deutlich, dass der freifließende Hochrhein zu Beginn des 20. Jahrhunderts am stärksten von Arten der Flussoberläufe (57%) besiedelt war, gefolgt von solchen der eher träge strömenden, in ihrem Sauerstoffgehalt stark schwankenden Unterläufe (34%). Die meisten dieser Arten gelten als strömungsliebend (67%), gefolgt von Arten, die sowohl schnell fließende als auch Stillgewässer bewohnen (21%). Den Strömungsverhältnissen entsprechend dominierten mit 65% überwiegend Arten, die Hartsubstrate (Grobkies, Steine und Felsbrüche) bewohnen. Heute zeigt die freifließende Strecke bei Rietheim noch eine ähnliche Artenzusammensetzung wie zu Lauterborn's Zeiten.

Sehr augenscheinlich sind die Veränderungen im gestauten Abschnitt bei Rheinau. Die charakteristischen strömungsliebenden Arten treten stark gegenüber den Arten langsam fließender (z.B. Tieflandflüsse) oder von Stillgewässern zurück (siehe Abbildung). Unverkennbar sind die erheblichen, ökologisch negativen Umwälzungen des Artenspektrums zu sehen. Gleichzeitig wird das große Artenpotenzial der freien Fließstrecken deutlich, das eine Wiederbesiedelung reaktivierter Rheinabschnitte und neu geschaffener Habitats ermöglicht.

3.2 Tiere und Pflanzen der Uferzonen, Kiesbänke und Inseln

Eine artenarme, aber charakteristische Vogelwelt der Kiesbänke lebt an naturnahen Flüssen. Zu diesen Arten zählen insbesondere Flußuferläufer und Flußregenpfeifer, die beide gefährdet sind, oder die am Hochrhein bereits ausgestorbene Flusseeeschwalbe. Sie nutzen vegetationsarme Kiesbänke zur Brut und zur Nahrungssuche, wobei der Flußuferläufer im Gegensatz zum Flußregenpfeifer und der Flusseeeschwalbe kaum auf Sekundärlebensräume wie Kiesgruben oder künstliche Nisthilfen ausweicht (vgl. HÖLZINGER 1987). Neben menschlichen Störungen ist der Lebensraum dieser Arten vorwiegend durch fehlende Umlagerung und Neubildung, sowie durch Verbuschung der Kiesbänke gefährdet.



Abnahme der schnelle Strömung bevorzugenden Wasserwirbellosen des Hochrheins seit der Jahrhundertwende



Köcherfliege

Vögel



Flußregenpfeifer

Eine Reihe von meist gefährdeten Heuschreckenarten sind auf warme, vegetationsarme Habitate spezialisiert. Neben Arten, die offene Sandflächen (z.B. Binnendünen) bewohnen, besiedeln einige auch Kiesbänke in Flüssen. Am Hochrhein sind vor allem die gefährdete Blauflügelige Ödlandschrecke, Blauflügelige Sandschrecke oder Italienische Schönschrecke zu beobachten. Sie sind an die dynamischen Lebensbedingungen natürlicher Flüsse angepasst. Die Eier dieser Arten können mehrere Tage schadlos überflutet werden (REICH 1998). Wie die Vögel, sind auch die Heuschrecken durch fehlende Umlagerung und Neubildung von Kiesbänken gefährdet.

Heuschrecken



Blauflügelige Ödlandschrecke

Unter den größeren an Land lebenden Wirbellosen beherrschen Laufkäfer, Kurzflügelkäfer und Spinnen die vegetationsfreien oder nur spärlich bewachsenen Kies- und Sandbänke (PLACHTER 1986). Das Mosaik an Teillebensräumen mit feuchten Ufern, trockeneren Kies- und Sandflächen, totem Pflanzenmaterial sowie Totholz oder Vegetationshorsten, die vielfältige Lebensraumnischen schaffen, ist Grundlage für den Artenreichtum dieser Tiergruppen. Untersuchungen an der Oberen Isar (PLACHTER 1986) belegen einen hohen Anteil an seltenen und gefährdeten Arten. Am Hochrhein sind beispielsweise Grünlicher Spitzkäfer, Ritter Spitzkäfer, Kieslaufkäfer, Ufersand-Zwergahlenkäfer, Unscheinbarer Feldlaufkäfer oder Schwarzköpfiger Dammläufer als gefährdete Laufkäfer zu finden. Als langfristiges Ziel, die Lebensgemeinschaften zu erhalten, wird wie am Hochrhein an der Oberen Isar "eine Regeneration naturnaher Abfluß- und Uferverhältnisse" angesehen, die "die Dynamik gewährleisten, denen die Kiesbänke einschließlich der spezifischen Fauna ihre Entstehung und Existenzmöglichkeit verdanken" (PLACHTER 1986).

Laufkäfer, Kurzflügelkäfer und Spinnen



Sandlaufkäfer



Strukturreiche Kiesbank

Die lockeren Kiese sind der Wuchsort vieler Niederer und Höherer Pflanzen wie Aufwuchsalgen, Moose oder Wasserpflanzen. Durch ihre Anpassung können beispielsweise die Sporen gewisser Algen (z.B. Armleuchteralgen) über mehrere Jahrzehnte im Geschiebe überdauern und bei Hochwasser verdriftet werden. Gelangen sie an Stellen, die ihren Lebensraumsansprüchen entsprechen, so können sie dort keimen (GERKEN 1988). Als Primärproduzenten stellen sie die Nahrungsgrundlage und teils auch den Wohnraum für viele Tiere dar. Auch verschiedene im Wasser und am Ufer gedeihende Pflanzen wie Grasblättriger Froschlöffel, Strandschmiele oder Ästiger Schachtelhalm sind wegen ihrer Seltenheit von Bedeutung.

Niedere und Höhere Pflanzen

In einigen Flußabschnitten sind starke Verkräutungen mit Wasserpflanzen zu beobachten. Während der Flutende Hahnenfuß vorwiegend zwischen Stein am Rhein und der Aaremündung gedeiht, kommen Sumpf-Teichfaden und Kammförmiges Laich-

kraut vorwiegend in Bereichen mit schwächerer Strömung zwischen 0,2 und 0,6 m/s vor (WÄCHTER 1989). 61 % der verkrauteten Rheinabschnitte liegen demnach in Stauhaltungen.

Offene Kiesbänke, -inseln und -ufer werden von Pflanzengesellschaften besiedelt, die heute aufgrund der fehlenden Umlagerungsdynamik und der Nährstoffbelastung der Fließgewässer rasch von konkurrenzkräftigeren Arten und Gesellschaften verdrängt werden. Für den Hochrhein ist z.B. die Barbarakrautflur mit Echtem Barbarakraut und Wilder Sumpfkresse typisch. Stromabwärts der Aaremündung kam auch die seltene Deutsche Tamariske am Hochrhein vor, eine Art der Weiden-Tamarisken-Gesellschaft. Meist sind es lichtbedürftige Pionierarten, wie Milder Knöterich, Natternkopf oder Wilde Möhre, die rasch offene Kiesbänke erobern, gefolgt von Arten offener, magerer Standorte wie Hunds-Braunwurz, Rosmarinblättriges Weidenröschen oder Gekielter Lauch. Eine charakteristische Gesellschaft ist die Hundsbraunwurz-Flur. Rasch beginnt auch die Besiedelung mit Weiden und Pappeln, die relativ unempfindlich gegenüber mechanischer Verletzung bei Hochwasser sind.

Pflanzengesellschaften



Natternkopf

4. *Der Hochrhein und seine Nebengewässer - eine funktionale Einheit*

Fließgewässer sind nicht nur Lebens- und Fortpflanzungsraum charakteristischer Arten sondern auch Wander- und Ausbreitungsraum vieler Tiere und Pflanzen. Neben Gewässerorganismen nutzen sie auch viele landlebende Arten. Diesen dienen sie als Wanderwege, die zu neuen Lebensräumen, Nahrungs- und Fortpflanzungshabitaten führen.



Bewachsene Kiesbank

Wichtige Kennzeichen von Fließgewässern sind die Strömung und Durchgängigkeit. Die Durchgängigkeit, auch als Gewässerkontinuum bezeichnet, gewährleistet, dass das Geschiebe flussabwärts transportiert wird, dass Tiere, Pflanzen sowie ihre Samen verdriftet werden und neue Lebensräume besiedeln können (z.B. MÜLLER 1990a und b). Viele Tierarten (z.B. Fische, Wasserwirbellose) wandern aktiv flussauf, um Verluste durch Drift auszugleichen und ihre Fortpflanzungsräume zu erreichen. Dies erfolgt nicht nur durch den flussauf gerichteten „Kompensationsflug“ der Alttiere unter den Insekten, sondern auch durch aktive Wanderung der Larven im Wasser. Wird dieser Austausch durch Barrieren wie z.B. Staustufen unterbunden, kann es zu genetischer Verarmung, Inzucht und letztlich zum Aussterben der Arten kommen (LÖFFLER 1999, REICH 1999).

Strömung und Durchgängigkeit

Durch die Errichtung der Staustufenkette wurden die Strömungsverhältnisse im Hochrhein eingeschränkt. Auf der ca. 145 km langen Strecke sind nur noch 3 längere Fließstrecken erhalten, die als ökologisch wertvolle Kernbereiche zu erhalten und zu entwickeln sind. Es sind dies der

Freie Fließstrecken

- Rheinabschnitt zwischen Stein am Rhein und der Stauwurzel des Kraftwerkes Schaffhausen mit etwa 8 km Länge
- Abschnitt zwischen der Rückleitung des Kraftwerkes Rheinau und dem Stauwurzelbereich des Kraftwerkes Eglisau unterhalb der Thurmündung mit ca. 9 km Länge
- Abschnitt zwischen dem Kraftwerk Reckingen und dem Stauwurzelbereich des Kraftwerkes Albruck-Dogern mit ca. 14 km Länge.



Diese Fließstrecken sind auch die Keimzellen für die Wiederbesiedlung redynamisierter Abschnitte.

Freie Fließstrecke unterhalb der Rückleitung des Kraftwerks Rheinau

Zwischen dem Kraftwerk Schaffhausen und dem Rheinfeld, sowie unterhalb der anderen Kraftwerke befinden sich weitere kurze, jedoch isolierte Fließstrecken.

Die drei längeren freien Fließstrecken sind gleichzeitig die aus fischbiologischer Sicht wertvollsten Abschnitte des Hochrheins, in denen vorwiegend die charakteristischen strömungsliebenden Fischarten vorkommen (vgl. GERSTER 1991). Nur in der freien Fließstrecke unterhalb Stein a. Rhein findet noch wegen der vergleichsweise günstigen Sedimentstruktur eine nennenswerte Naturverlaichung der Äsche statt (GERSTER 1991). Die dazwischenliegenden kurzen Fließstrecken sind bedeutende Trittsteine, die vielen Arten die flussaufwärtige Wanderung erleichtern. Hier finden sie geeignete Rast- und Nahrungsplätze oder können sich je nach Ansprüchen zumindest zeitweise fortpflanzen und so lebensfeindliche Abschnitte des Rheins leichter überwinden.

Von größter Bedeutung ist, dass unterhalb des frei fließenden Rheinabschnitts zwischen Balm/Rheinau und Ellikon mit Thur und Töss die Flüsse mit der aktuell höchsten Geschiebezufuhr des gesamten Hochrheinsystems münden. Zusammen mit den an der Thur geplanten Auenrenaturierungen entsteht ein großer Fließgewässerverbund, der gerade für die strömungsliebenden Arten von überregionaler Bedeutung ist. Wenngleich die Mündung der Töss bereits im Stauwurzelbereich des Kraftwerkes Eglisau liegt, weist gerade sie eine ökologisch

vorbildliche naturnahe Gewässerstruktur auf, die den Wert des Gebietes unterstreicht.

Der Rheinfall ist dagegen eine natürliche Barriere für die Gewässerfauna, insbesondere für die Fische. Daher bildet der Abschnitt des Hochrheins zwischen Bodensee und der Staustufe Schaffhausen eine eigenständige Einheit, die in sich funktionsfähig gehalten werden muß.



Rheinfall

Diese funktionalen Gesichtspunkte lassen sich eindrucksvoll bei Fischen veranschaulichen: [Vernetzungsbedarf der Fische](#)

Fische sind ausgezeichnete Indikatoren für den Vernetzungsgrad des Fluss-Aue-Systems (SEIFERT 2001), wobei am Hochrhein Auen im klassischen Sinne nur als schmale flussbegleitende Bänder oder kleinflächig vorkommen. Die Mobilität der Fische und ihre sehr hohen Ansprüche an die Vernetzung (Durchgängigkeit) und Dynamik der Fließgewässer decken sich oft mit den ökologischen Ansprüchen vieler anderer Arten des Lebensraumes.

Fische können in drei ökologische Gruppen eingeteilt werden; in strömungsliebende (rhithrale und rheophile), gegenüber den Strömungsverhältnissen tolerante (eurytope) und stillwasserliebende Arten (limnophile). Viele der charakteristischen strömungsliebenden Rheinfischarten zählen zu den sogenannten Kurz- bis Mitteldistanzwanderern. Diese Arten legen Wanderstrecken bis zu etwa 100 km zurück. Im Rahmen des Programms "Lachs 2000" sollen aber auch Langdistanzwanderer wie der Lachs wieder angesiedelt werden (REY et al. 1996, IKS 1999). Für diese Arten ist die Durchgängigkeit der Fließgewässer von entscheidender Bedeutung. Aber auch seitliche Fischbewegungen, in Nebenflüsse/-bäche oder Auengewässer hinein, spielen eine zentrale Rolle für die Arterhaltung vieler Rheinfische, die in diesen Gewässern ihre "Kinderstuben" haben (z.B. Lachs). Auch bei Hochwasser streben die Flussfische in strömungsberuhigte Randzonen, um Schutz vor Abdrift und ihre Nahrung zu finden.



Altwater am Unterlauf der Aare

Wichtige biologische Gründe für den hohen Vernetzungsbedarf der Fische in Längs- und Querrichtung sind nach SEIFERT (2001):

- Flussfische benötigen während einzelner Lebensabschnitte

zwingend höchst unterschiedliche, räumlich voneinander getrennte, jedoch miteinander vernetzte Lebensräume und Habitate im Fluss und seinen Nebengewässern (Nahrungs- und Aufenthaltsgebiete, Laichplätze, Jungfischhabitate, Hochwasserschutzräume, Winterlager).

- Flussfische müssen bei Hochwasser zeitlebens ihre flussabwärts gerichtete Verdriftung ausgleichen. Dies gilt auch bei Normalabflüssen für die Fischbrut und Jungfische. Regelmäßige Aufwärtswanderungen sind damit biologisch zwingend notwendig.



Renaturierter Wutachabschnitt bei Tiengen – charakteristischer Fortpflanzungsraum strömungliebender Arten

5. Ökologische Anforderungen

Aus ökologischer Sicht ist im Hochrhein die Förderung der charakteristischen strömungliebenden Lebensgemeinschaften mit ihren Ansprüchen an den Lebensraum und dessen Vernetzung vordringlichste Aufgabe. Wesentliche Defizite sind bedingt durch die

- teilweise Reduzierung der Fließgeschwindigkeit im Hochrhein,
- Geschiebeverluste sowie Kolmation der Flusssohle,
- Unterbrechung der Längs- und Quervernetzungen im Hochrhein und zu den Seitengewässern,
- Verluste an Lebens- und Fortpflanzungshabitaten und
- ungenügend funktionierende Aufstiegshilfen für Fische.

Mit der Reaktivierung des Geschiebetriebs soll eine regelmäßige Umlagerung und Neubildung von Kiesbänken ermöglicht werden. Nur sie garantieren eine Geschiebe- bzw. Sedimentstruktur mit

- lockerem Substrat, dessen Lückensystem gut durchflossen und sauerstoffreich ist und
- geringer Verschlammung, die durch regelmäßige Umlagerungen unterbunden wird.

Gleichzeitig ist die **Durchgängigkeit des Hochrheins** für die Fauna zu verbessern, die eine Wiederbesiedlung reaktivierter Flussabschnitte von den freien Fließstrecken aus ermöglicht. Hierbei spielen die verschiedenen **kurzen freien Fließstrecken als Trittsteine** eine wichtige Rolle.

Zahlreiche geplante oder bereits durchgeführte Maßnahmen aus anderen Projekten unterstützen die Geschieberekativierung (vgl. Tab. 2 im Anhang).

Geschiebedynamik



Kiesbänke in der Mittleren Isar im Mai 2001



Kiesbänke in der Mittleren Isar im Juli 2001 (selber Standort)

6. Gewässerökologische Beurteilung der vorgeschlagenen Maßnahmen

Die von SCHÄLCHLI, ABEGG + HUNZINGER & UNIVERSITÄT KARLSRUHE (2000) zur Reaktivierung des Geschiebes im Hochrhein vorgeschlagenen Maßnahmen lassen sich in 3 Gruppen einteilen:

- Geschiebeaktivierungs- und -weitergabe bei den Rheinkraftwerken
- Uferrevitalisierungen am Hochrhein selbst
- Uferrevitalisierungen an ausgewählten Zuflüssen sowie Einstellung von Geschiebebaggerungen in deren Mündungsbereichen.

Das Geschiebe, das zur Verbesserung der Geschiebedynamik notwendig ist, kommt nahezu ausschließlich aus den größeren Zuflüssen sowie in geringem Umfang aus den Uferrevitalisierungen am Hochrhein. Bei den gestörten Strömungsverhältnissen im Hochrhein wird das Geschiebe in der Regel im Mündungsbereich der Zuflüsse abgelagert.

Für die Beurteilung der Maßnahmen wird wie bei SCHÄLCHLI, ABEGG + HUNZINGER & UNIVERSITÄT KARLSRUHE (2000) eine dreistufige Bewertungsskala verwendet (vgl. Tab. 3 im Anhang). Maßnahmen sind

- **lokal bedeutend**, wenn deren positiven Auswirkungen auf den Naturhaushalt vorwiegend auf den engeren Maßnahmenbereich beschränkt sind und deren Wirkung durch zusätzliche Maßnahmen nicht zu steigern sind,
- **regional bedeutend**, wenn sich die positiven ökologischen Auswirkungen zumindest auf einen Flussabschnitt zwischen zwei Kraftwerken beziehen bzw. diese durch weitere Maßnahmen erzielt werden,
- **überregional bedeutend**, wenn sie ökologische Verbesserungen über längere Flußabschnitte bewirken bzw. diese durch weitere Maßnahmen erzielt werden.

6.1 Geschiebeaktivierung und -weitergabe durch die Rheinkraftwerke

Die Staustufen wirken sich in unterschiedlichem Umfang negativ auf das Gewässerökosystem des Rheins und damit auch auf Geschiebedynamik und –qualität aus. Unterschiedliche Stauwirkung, Geschiebedurchlässigkeit sowie Aufstiegsmöglichkeiten für Fische sind zu berücksichtigen. Zur Verbesserung der Situation werden temporäre Stauabsenkungen an Kraftwerken vorgeschlagen, an denen ein Geschiebetrieb derzeit nicht mög-



Wehr des Kraftwerks Rheinau

lich ist. Wichtige Faktoren in diesem Zusammenhang sind:

Die Störung der Strömungsverhältnisse, die den Geschiebetransport über weite Strecken verhindert und außerdem zur Ablagerung vielfach beträchtlicher Geschiebemengen in den Stauwurzelbereichen der Kraftwerke führte. Dies ist aus 3 Gründen bedeutsam:

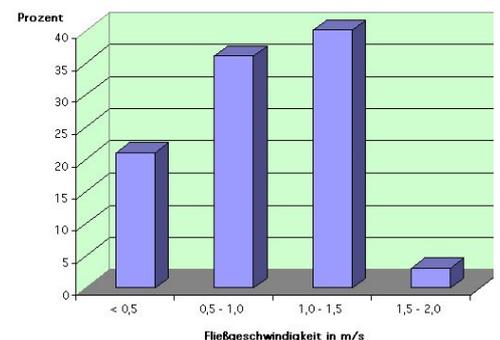
Störung der Strömungsverhältnisse

- Die in den Stauräumen bereits abgelagerten Sedimente wandern zwar bei den vorgeschlagenen Stauabsenkungen Richtung Wehr, werden jedoch vorerst nicht durch das Wehr transportiert. Für die Reaktivierung des Geschiebes aus den Zuflüssen sind sie aber von großer Bedeutung, da erst eine gewisse Verlandung des tieferen Stauraumes einen Geschiebetransport durch die ganze Stauhaltung zulässt (vgl. Kapitel 2). Geschiebebaggerungen in den Stauräumen stoppen diesen Prozess und die Geschiebeweitergabe an den Kraftwerken kann um Jahrzehnte verzögert werden.
- Entscheidend ist auch, ob Zuflüsse in einem frei fließenden Abschnitt des Rheins münden oder in einem mit gestörten Strömungsverhältnissen. Im ersten Fall kann der Seitenbach einen Schüttkegel in den Rhein hinein ablagern. Bei ausreichend hoher Schleppkraft transportiert der Fluss dieses Geschiebe flussabwärts weiter. Im zweiten Fall wird auch die Fließgeschwindigkeit des Seitengewässers durch den Rückstau des Rheins abgebremst. Es kommt zur Sedimentation im Seitengewässer selbst. Die örtlichen hydromorphologischen Verhältnisse bestimmen, ob bei Hochwasser ein Teil dieses Geschiebes flussabwärts verlagert wird.



Schüttkegel der Töss im Rückstaubereich des Kraftwerks Eglisau

- Nach den Untersuchungen von PEDROLI et al. (1991) wurden die charakteristischen Fischarten Äsche, Nase oder Bachforelle bevorzugt bei Strömungsverhältnissen von 0,5 – 1,0 bzw. 1,0 – 1,5 m/s angetroffen. Eine Analyse der Fließgeschwindigkeiten des Hochrheins bei Mittelwasser (vgl. nebenstehende Abbildung) ergab, dass etwa 76% des Hochrheinlaufs noch diese Fließgeschwindigkeiten aufweisen (vgl. Karte 1 im Anhang). Wird nur dieser Umweltfaktor betrachtet, so sind noch dreiviertel des Hochrheins als Lebensraum für diese Arten geeignet. Bei Verbesserung der Geschiebedynamik, die zu lockerem, nicht verschlammtem Sediment führt, ist zu erwarten, dass zusätzliche Flussabschnitte von charakteristischen Fischarten zumindest zeitweise zurückerobert werden können.



Stömungsverhältnisse im Hochrhein

Die biologische Gewässergüte, auch Saprobie genannt, beschreibt die Gewässerbelastung mit organischen Stoffen mit Hilfe des Vorkommens von Wasserwirbellosen und anderen Organismen, die unterschiedliche Ansprüche an die Wasserqualität haben.

Verbesserung der Biologischen Gewässergüte bzw. -qualität

Die Verringerung der Fließgeschwindigkeit führt in der Regel zu einer Verschlechterung der Gewässerqualität in den Stauräumen und in der Folge zu einer raschen Verschlammung des Sediments bzw. Geschiebes. Diese Belastungen der Gewässerqualität werden durch die natürliche Selbstreinigungskraft eines Fließgewässers, die besonders in Fließstrecken mit hohem Sauerstoffeintrag gegeben ist, wieder abgebaut. **Die Maßnahmen zur Reaktivierung des Geschiebehaushaltes und der –dynamik liefern hierzu einen wesentlichen Beitrag.** Abgelagertes, lockeres Geschiebe, das vom Flusswasser durchströmt wird, wirkt wie eine Kläranlage, der Kieskörper ist ein mechanischer Filter und die darauf lebenden Organismen bauen die Nährstoffe biologisch ab.

Schadstoffe können Gewässerökosysteme erheblich belasten. Nicht nur der Transport der Stoffe im Flusswasser selbst spielt eine Rolle, sondern auch deren Ablagerung im Feinsediment der Stauräume. Die vorgeschlagenen Stauabsenkungen mit Erhöhung der Fließgeschwindigkeiten können zu einer Freisetzung von Schadstoffen und zur Belastung des Gewässerökosystems führen.

Anlagerung und Mobilisierung von Schadstoffen

Aus dem Hochrheingebiet liegen zur Schadstoffbelastung des Feinsediments, z.B. mit Schwermetallen oder organischen Stoffen verschiedene Angaben vor. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass diese Gefahr flussabwärts, mit der Intensität der industriellen Nutzung, zunimmt. 1996 konnten bei Sedimentuntersuchungen im Stauraum des Kraftwerks Eglisau keine erhöhten Schwermetall- und sonstige Belastungen festgestellt werden (Nordostschweizerische Kraftwerke AG schriftl. Mitt.). Auch die Sedimentuntersuchungen am Kraftwerk Reckingen (Herr CHRISTEN mdl.), im Oberwasser des Wehres am Kraftwerk Albruck-Dogern (Rheinkraftwerk Albruck-Dogern AG schriftl. Mitt.) und im Katzensgraben beim Kraftwerk Laufenburg (Kraftwerk Laufenburg schriftl. Mitt.) ergaben keine erhöhten Schadstoffbelastungen. Ähnliche Befunde liegen zur Staustufe Birsfelden vor (Kraftwerk Birsfelden AG schriftl. Mitt.).

Nach dem derzeitigen Kenntnisstand ist davon auszugehen, dass eine Belastung des Rheins und seiner Lebensgemeinschaften durch eine Mobilisierung von Schadstoffen im Rahmen der temporären Stauabsenkungen weitgehend auszuschließen ist.

Neben der Reaktivierung der Geschiebedynamik durch temporäre Stauabsenkung wäre es möglich, abgelagertes Geschiebe dem Rhein oder seinen Zuflüssen zu entnehmen, per LKW zur nächsten Staustufe zu transportieren und dem Fluss im Unterwasser wieder zuzugeben. Die durch den Baggerbetrieb und den Transport (LKWs, Schiffe) zu erwartenden Umweltbelastungen sollten bei der Planung solcher Maßnahmen in die Überlegungen einbezogen werden. Dauerlösungen mit künstlicher Geschiebezugabe sind aus ökologischer Sicht eher fraglich.

Künstliche Geschiebezugabe

In manchen Stauwurzelbereichen der Kraftwerke haben sich Verlandungszonen, teils mit Schilfflächen entwickelt, die ebenfalls ökologisch bedeutsam sind. Es bestehen Befürchtungen, dass mit den temporären Stauabsenkungen diese ökologisch wertvollen Lebensräume, z.B. durch Trockenfallen, geschädigt würden.

Negative ökologische Auswirkungen von temporären Stauabsenkungen

Mit den vorgeschlagenen Maßnahmen sollen fließgewässertypische Habitate und dynamische Prozesse gefördert werden, die heute vielfach aus unserer Landschaft verschwunden sind. Nährstoffreiche Verlandungszonen in strömungsberuhigten bzw. Stillwasserzonen nehmen dagegen zu und sind nicht gefährdet. Zudem ist eine nachhaltige Schädigung von Schilfbeständen durch temporäre Stauabsenkungen kaum zu erwarten, da diese nur kurzzeitig bei Hochwasser erfolgen.

Die Geschiebeaktivierung und -weitergabe bei den Kraftwerken ist eines der beiden Kernstücke der vorgeschlagenen Maßnahmen, die erst die fließgewässerökologisch notwendige Geschiebedynamik garantiert. Sie führt zur Umlagerung und Durchspülung des Geschiebes sowie Überdeckung der kolmatierten Flusssohle mit lockerem Substrat und schafft die Lebensvoraussetzungen für die typische Fauna und Flora.

Ökologische Beurteilung



Kiesbank am Rheinufer

Mit dem Anheben der Wehrschützen bei Hochwasser wird das Geschiebe in das Unterwasser der Staustufen gespült, wo es je nach Morphologie der Flusssohle und den herrschenden Strömungsverhältnissen weitertransportiert oder abgelagert wird. In Bereichen mit eher gleichförmiger Strömung über den Flussquerschnitt wird sich das Geschiebe flächig ablagern, während in Bereichen unterschiedlicher Fließgeschwindigkeiten mehr stromlinienförmige Kiesbänke entstehen. Entlang von Inseln und Gleitufern des Flusses sind auch zeitweilig trockenfallende Kiesbänke zu erwarten (vgl. Abb.). Da neben Anlandungen auch Erosionen des Sohlenmaterials stattfinden, ist eine



Kiesbank am Gleitufer der Thur

quantitative Prognose der Anlagerungsprozesse, nur mit großem Aufwand möglich. Die Übersicht in der Karte 2 zeigt die möglichen Bereiche.

Am Beispiel der Staustufe Eglisau haben SCHÄLCHLI & ABEGG (1997) berechnet, dass das Geschiebe von Thur und Töss bei regelmäßigen Stauabsenkungen zwischen 4,2 und 4,5 m bereits nach etwa 15 – 20 Jahren das Wehr passieren kann. Dies bedeutet, dass sich das Geschiebe der Thur in diesem Rheinabschnitt im Jahr durchschnittlich 700 bis 900 m ausbreiten kann.

In diesem Zusammenhang ist auch die Durchgängigkeit des Gewässersystems für die verschiedenen Tiergruppen (vgl. LÖFFLER 1999, REICH 1999) zu gewährleisten. Die 11 Staustufen haben diese Funktion erheblich gestört; bei vielen Seitenbächen ist sie zusätzlich durch zahlreiche Querbauwerke nicht oder nur eingeschränkt möglich.

Zu berücksichtigen ist die unterschiedliche Schwimmleistung bei den Charakterarten der Fließgewässer. So stellen Sohlschwelen von 20 cm Höhe bereits unüberwindliche Hindernisse für die Groppe dar und führten in vielen Bächen zu isolierten Populationen und deren Aussterben (BLESS 1985). Dagegen können größere Salmoniden Schwelen bis zu einer Höhe von etwa 1 m noch überwinden (REY et al. 1996). Auch die Wasserwirbellosen führen flussaufwärts gerichtete Wanderungen im Wasser durch; für sie ist ebenfalls ein ungehinderter Aufstieg wichtig.



Insel bei Koblenz



Wehr in der Wutach

Die Geschiebereaktivierung schafft auf umweltverträglichem Wege naturnahe Standortbedingungen mit lockerem, gut durchflossenem und sauerstoffreichem Substrat (vgl. Kap. 5) im Hochrhein. Diese sind unverzichtbare Voraussetzungen für den Erhalt und die Förderung der vielfach gefährdeten charakteristischen Fauna und Flora. Damit sind die temporären Stauabsenkungen Kernpunkte der vorgeschlagenen Maßnahmen

Für die Verbesserung des Geschiebehaushalts und der gewässerökologischen Situation im Hochrhein sind die dargestellten Maßnahmen von überregionaler Bedeutung. Sie besitzen aber aufgrund der Lage der verschiedenen Maßnahmenbereiche, der Geschiebetransportkapazitäten sowie den baulichen Verhältnissen an den Kraftwerken unterschiedliche zeitliche Prioritäten. Vordringlich sind Stauabsenkungen insbesondere an Kraftwerken wie Eglisau und Reckingen, unterhalb den bedeutenden geschiebeführenden

Zuflüsse erforderlich. Mittel- bis langfristig ist, sobald Geschiebe in flussabwärtige Stauräume gelangt, auch die Realisierung der Geschiebeweitergabe an den entsprechenden Kraftwerken zu gewährleisten.

Die Geschiebereaktivierung durch temporäre Stauabsenkungen fördert zudem die Wasserqualität des Rheins.

Zusätzliche Bedingung ist die Verbesserung der Durchwanderbarkeit des Hochrheins und seiner Zuflüsse, die eine große Bedeutung als Laichgewässer besitzen. Dies gilt sowohl flussauf- als auch flussabwärts, letzteres unter besonderer Berücksichtigung der Turbinenmortalität.

6.2 Uferrevitalisierung am Hochrhein

Uferrevitalisierungen am Hochrhein, mit der Rücknahme von harten Uferverbauungen, wurden laut SCHÄLCHLI, ABEGG + HUNZINGER & UNIVERSITÄT KARLSRUHE (2000) vorwiegend im Bereich von Diessenhofen, oberhalb von Schaffhausen sowie zwischen Balm/Rheinau und Ellikon geprüft. Sie sollen zumindest einen gewissen Eintrag an Geschiebe in den Fluss ermöglichen.

Die Bereiche der Uferrevitalisierung östlich von Diessenhofen sowie zwischen Balm/Rheinau und Ellikon liegen in den ökologisch bedeutenden freien Fließstrecken des Rheins (vgl. GERSTER 1991). Laut BUWAL (1999) sind diese Abschnitte noch nicht so stark von der Kolmation betroffen. Für den Abschnitt zwischen Balm/Rheinau und Ellikon wird aber eine Beschickung mit Feingeschiebe zur Förderung der kieslaichenden Fische empfohlen. Die Uferrevitalisierungen tragen zumindest in kleinem Umfang zur Geschieberedynamisierung bei.

Ein zweiter wichtiger Aspekt der Uferrevitalisierung ist die Neuschaffung von Strukturen, wie Flachufer, strömungsberuhigte Ausbuchtungen und ähnliche Habitatstrukturen, die im Hochrhein vielfach fehlen. Die Ufer in den genannten Abschnitten sind überwiegend mit Steinschüttungen oder Mauern verbaut, sie sind nur wenig als Lebens- und Fortpflanzungsräume für die Gewässerfauna geeignet. Aus diesem Grund sind Uferrevitalisierungen auch in anderen Rheinabschnitten zu prüfen.

Ökologische Beurteilung



Freie Fließstrecke des Rheins bei Diessenhofen



Begradigter Unterlauf der Thur



Naturnaher Unterlauf der Töss

Die Maßnahmen führen in kleinem Umfang zur Verbesserung des Geschiebehaushalts in ökologisch bedeutsamen, frei fließenden Abschnitten des Hochrheins. Ein wesentlicher Beitrag zur Verbesserung der ökologischen Situation ist die Schaffung naturnaher Uferstrukturen, die den Fischen, Wasserwirbellosen, landlebenden Wirbellosen sowie der Flora zugute kommen. Zusammen mit den vorgeschlagenen Maßnahmen an Thur und Töss sowie unterstützt durch temporäre Stauabsenkungen an den Kraftwerken Eglisau und Reckingen entsteht ein großes, zusammenhängendes Fließgewässersystem zwischen Balm/ Rheinau und Albruck-Dogern, das insbesondere für die charakteristischen strömungsliebenden Arten von überregionaler Bedeutung sein wird und das Kerngebiet der Gewässerrevitalisierung darstellt.

6.3 Uferrevitalisierungen sowie Einstellung von Geschiebebaggerungen an ausgewählten Zuflüssen

SCHÄLCHLI, ABEGG + HUNZINGER & UNIVERSITÄT KARLSRUHE (2000) haben zahlreiche Zuflüsse des Hochrheins hinsichtlich der Möglichkeiten zur Verbesserung ihrer Geschiebedynamik untersucht. An 6 Fließgewässern (Glatt, Wutach, Alb, Murg, Sissle sowie Wiese) ist dies in unterschiedlichem Umfang möglich oder durch weitere Untersuchungen zu untermauern. An weiteren 4 Fließgewässern (Thur, Töss, Ergolz, Birs) ist eine Erhöhung der Geschiebefracht durch das Einstellen von Geschiebebaggerungen im Mündungsbereich möglich. Nur aus der Aare ist, bedingt durch den Stau Klingnau auf absehbare Zeit keine Verbesserung des Geschiebehaushalts für den Rhein erzielbar.



Wutach



Stau Klingnau

Die Uferrevitalisierungen und die Einstellung der Geschiebebaggerungen in den Zuflüssen und ihren Mündungsbereichen sind zwingende Voraussetzungen für die Reaktivierung der Geschiebedynamik im Hochrhein und daher aus ökologischen Gesichtspunkten dringend erforderlich. Es ist der einzige naturgemäße Weg, den Geschiebetrieb im Fluss zu reaktivieren. Der Hochwasserschutz muss dabei gewährleistet bleiben.

Maßnahmen zur Reaktivierung des Geschiebes in den Seitenbächen des Rheins wirken sich naturgemäß zuerst auf das betreffende Gewässer selbst positiv aus. Ob oder wann das Geschiebe dem Hochrhein zugute kommt, hängt von der Sohlenstruktur, den Abflussverhältnissen, dem Vorhandensein von

Ökologische Beurteilung

Geschiebefallen, der Entfernung des Maßnahmenbereichs zum Rhein sowie der Ergiebigkeit der reaktivierten Stelle ab. Demgegenüber steht bei der Einstellung von Baggerungen das Geschiebe sofort dem System zur Verfügung

Für den Abschnitt zwischen den Kraftwerken Rheinau und Reckingen wurden von SCHÄLCHLI, ABEGG + HUNZIGER (2000) verschiedene Maßnahmenalternativen vorgeschlagen. Mit dem Ziel, in diesem wichtigen Kerngebiet kurzfristig möglichst große Mengen an Geschiebe zu reaktivieren, die die charakteristischen Lebensgemeinschaften erhalten und fördern, wird die folgende Variante befürwortet. Diese sieht eine letzte Baggerung von Geschiebe an der Thurmündung mit Verklappung im Stauraum Eglisau vor. Sie beschleunigt den Prozess der Geschiebeweitergabe an diesem Kraftwerk, da kein Geschiebe dem System entzogen wird und bei Ausführung mit Schiffen relativ umweltverträglich ist.

Die Maßnahmen sind zusammen mit den temporären Stauabsenkungen der Motor für die Verbesserung der Geschiebedynamik. Daneben schaffen sie naturnahe Uferstrukturen in den Zuflüssen, die insbesondere den Fischen, Wasserwirbellosen, landlebenden Wirbellosen sowie der Flora zugute kommen. Eventuell notwendige Baggerungen aus Gründen des Hochwasserschutzes dürfen zu keinen Geschiebeverluste für den Hochrhein führen.

6.4 Übersicht der Geschiebereaktivierungen in charakteristischen Flussabschnitten

Geschiebe: Dieser Rheinabschnitt ist, seinem Charakter als Seeausfluss entsprechend, von Natur aus geschiebe- und schwebstoffarm. Mit den Uferrevitalisierungen kann Geschiebetrieb in geringem Umfang erzielt werden. Durch die Geschiebeweitergabe am KW Schaffhausen kann außerdem in beschränktem Umfang Geschiebe in die freie Fließstrecke oberhalb des Rheinfalls weitergegeben werden.

Ökologie: Eine nennenswerte Verbesserung der Geschiebeverhältnisse findet nicht statt. Mit den Uferrevitalisierungen können aber wertvolle Strukturen (Uferausbuchtungen, Flachwasserzonen etc.) für die Gewässerfauna geschaffen werden, die aufgrund der Uferverbauungen weitgehend fehlen. Gleichzeitig sind diese Standorte wichtige Lebensräume für

Stein am Rhein bis Schaffhausen



Uferanbrüche am Hochrhein

Pionierarten der Flora und Fauna.

Geschiebe: Mit den Uferrevitalisierungen bei Balm kann Geschiebetrieb in geringem Umfang erzielt werden. Um das Hochwasserschutzproblem von Ellikon nicht zu verschärfen, ist diese Maßnahme nur zusammen mit einer Geschiebeaktivierung im Stauraum Eglisau sinnvoll.

Ökologie: Durch den Geschiebeeintrag sind zumindest lokale Verbesserungen der Sedimentverhältnisse zu erwarten. Mit den Uferrevitalisierungen können wertvolle Strukturen für die Gewässer-, als auch Landfauna und –flora geschaffen werden, die aufgrund der Uferverbauungen vielfach fehlen. Dies ist umso wichtiger, als dieser freie Fließabschnitt des Rheins eine wichtige funktionale Einheit mit dem nächsten Abschnitt bildet.

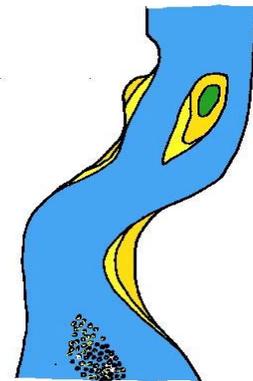
Geschiebe: Erst mit der Mündung von Thur und Töss ist ein erheblicher Geschiebeeintrag in den Rhein möglich. Dieser kommt dem System aber nur zugute, wenn durch temporäre Stauabsenkungen an den Kraftwerken Eglisau und Reckingen ein Geschiebetrieb erreicht wird. Ein weiterer nennenswerter Geschiebelieferant ist die Wutach, die oberhalb des Kraftwerkes Albruck-Dogern mündet.

Ökologie: In Verbindung mit der Geschiebereaktivierung, den temporären Stauabsenkungen sowie der Thurrenaturierung kann sich in diesem Abschnitt ein großer Lebensraumkomplex, der insbesondere für strömungsliebende Arten überregionale Bedeutung besitzt, erhalten und entwickeln. Nennenswerte Geschiebeablagerungen (siehe Karte 2) sind in Uferausbuchtungen, bei zahlreichen Gleitufeln, der Restwasserstrecke des KW Albruck-Dogern, bei den Flussaufweitungen sowie den verschiedenen Rheininseln zu erwarten. Konkret sind dies die Strecken unterhalb der Thurmündung und der Staustufe Eglisau, von Reckingen bis Waldshut sowie die Restwasserstrecke des Kraftwerks Albruck-Dogern.

Geschiebe: Die Gewässermorphologie und die wenigen geschiebeführenden Zuflüsse lassen Neubildungen von Kiesbänken nur in geringerem Umfang zu. Der Abschnitt ist eher als Durchgangsstrecke für das Geschiebe zu werten. Erst Birs und Wiese führen dem Fluss Geschiebe in nennenswertem Umfang zu, dieses kommt aber vorwiegend dem Oberrhein zugute.

Schaffhausen bis Thurmündung

Thurmündung bis Bereich Hauenstein



Mögliche Geschiebeanlagerungen (gelb) an Inseln, Gleithängen oder Flussaufweitungen

Bereich Hauenstein bis Basel

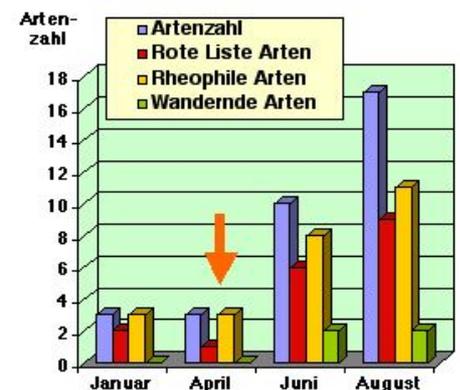
Ökologie: Kurze Fließstrecken sind nur teilweise im Unterwasser der Kraftwerke zu finden. Im Sinne der großräumigen Gewässervernetzung sind diese Abschnitte dennoch sehr wichtig. Die Bereiche mit sich entwickelnden Kiesbänken sind als bedeutende Trittsteine für die flussauf wandernden Fische und Wirbellosen zu werten. Nennenswerte Geschiebeablagerungen sind im Bereich des Unterwassers des Kraftwerks Augst-Wyhlen sowie des Wehres vom Kraftwerk Rheinfelden und der Fridolininsel bei Säkingen zu erwarten.

6.5 Bisherige Erfahrungen

Die charakteristische strömungsliebende Fauna zeichnet sich durch effektive Anpassungen an die stark wechselnden Standortbedingungen (Wasserführung, Strömungsverhältnisse, Wasserstandsschwankungen) ihres Lebensraumes aus. Sie ist in der Lage, neue oder verödete Flussabschnitte in kurzer Zeit zu besiedeln (TREECK & RENNERICH 1990, MOON 1939, SHELDON 1984). Auch viele der typischen Pflanzenarten sind als Pioniere hierzu in der Lage (BAUMGÄRTEL & ZEHM 1999). Wie gezeigt wurde, weisen gerade die frei fließenden Abschnitte des Hochrheins ein entsprechendes Artenpotenzial auf.

Einige Beispiele sollen die große Besiedlungsdynamik veranschaulichen:

Den Erfolg einer grundlegenden strukturellen Renaturierung der Mangfall in Oberbayern hat die Erfassung der Fischbestände vor, während und nach den Maßnahmen belegt (BOHL 1998). Die nebenstehende Abbildung zeigt anhand der festgestellten Arten, Rote Liste Arten, strömungsliebenden sowie wandernden Arten, wie schnell der Flussabschnitt wieder besiedelt wurde. Das Beispiel zeigt aber auch, dass - bedingt durch Barrieren außerhalb des Maßnahmenbereichs - die Zunahme wandernder Arten relativ gering ist.



Am Obermain werden seit 1992 Uferverbauungen abschnittsweise entfernt und der Seitenerosion bei Hochwasser freien Lauf gelassen (METZNER 2002). Bis zum Jahr 2000 wurden auf diese Weise 22 km Flusslauf renaturiert. Es entstand ein reiches Lebensraummosaik mit Sand- und Kiesbänken sowie -inseln. Als Indikatorart wurde der auf Kiesbänken brütende Flussuferläufer untersucht. 2001 brütete die gefährdete Art ausschließlich auf Renaturierungsflächen; es konnten 3 Brutpaare beobachtet werden, für weitere 4 bestand Brutverdacht.

Wiederbesiedlung eines renaturierten Abschnitts der Mangfall durch Fische – der orange Pfeil markiert den Zeitpunkt der Maßnahme

Am Oberrhein zwischen der Isteiner Schwelle und Hartheim wurde 2000 und 2001 die (Wieder)Besiedlung der Bühnenfelder nach dem extremen Hochwasser von 1999 untersucht (ILN 2001). Dieses hatte an vielen Stellen zur Verlegung der Uferlinie und zu offenen Standorten geführt. Ähnliche Beobachtungen wurden nach dem Hochwasser 1999 auch am Hochrhein an Kiesbänken im Bereich der Restwasserstrecke Albruck-Dogern gemacht. Auf ausgewählten Kiesbänken wurde insbesondere die Entwicklung der Flora und Laufkäfer beobachtet.

Die Flächen wurden rasch von lichtbedürftigen Arten der Flutrasen und Einjährigen der Acker-Begleitflora besiedelt, außerdem verzüngten sich an vielen Stellen die Weiden. Typische Arten sind Geflügelte Braunwurz, Wilde Sumpfkresse, Wasser-Sumpfkresse, Echtes Barbarakraut, Aufsteigender Amarant oder Floh-Knöterich. Auch bei den Laufkäfern waren die offenen Kiesbänke rasch wieder von einer artenreichen Gemeinschaft besiedelt. Bereits im Jahr 2000 konnten zahlreiche gefährdete Arten (teils ausschließlich auf den offenen Kiesbänken) gefunden werden. Bemerkenswert sind die „stark gefährdeten“ Arten Österreichischer Haarahlenläufer, Azurblauer Ahlenläufer, Braunschieniger Ahlenläufer, Mondfleck-Ahlenläufer, Grünlicher Spitzkäfer, Ufersand-Zwergahlenkäfer, Erzgrauer Uferläufer und Zierlicher Grabläufer.

Bei einem abflussreichen Fließgewässer wie dem Hochrhein mit vielfältigen Ablagerungs- und Erosionsprozessen ist eine genaue Prognose der durch die Maßnahmen erzielbaren Verbesserungen ohne aufwändige Untersuchungen nicht möglich. Auch liegen aus anderen Flussgebieten keine übertragbaren Erfahrungen vor. Die allgemeinen Kenntnisse (s.o.) und die aufgeführten Beispiele belegen, dass selbst relativ geringfügige oder kleinflächige Lebensraumverbesserungen sich deutlich positiv und meist schon sehr schnell auf die typischen Tier- und Pflanzenarten auswirken. Somit sind selbst kleine Maßnahmen von großer Bedeutung für die Lebensgemeinschaften.

7. Zusammenfassung

Der Hochrhein wird bei Umsetzung der von SCHÄLCHLI, ABEGG + HUNZINGER & UNIVERSITÄT KARLSRUHE (2000) vorgeschlagenen Maßnahmen unmittelbar eine ökologisch wirksame Verbesserung seiner Geschiebedynamik erfahren.

Dies wird sich insbesondere im Bereich der größeren verbliebenen freien Fließstrecken bei Diessenhofen, Balm/Ellikon und unterhalb des Kraftwerkes Reckingen zeigen. Hier gibt es die letzten Lebensräume strömungsliebender Arten der Gewässerfauna. Insbesondere Fische wie Äsche und Nase sind noch in vitalen Beständen vorhanden. Diese Bereiche können stabilisiert werden und es besteht die Chance einer großräumigen Entwicklung, auch für andere Salmoniden bis hin zum Lachs.

Die Umlagerung und Neubildung von Kiesbänken führt zur Entstehung von Pionierstandorten. Diese Lebensräume sind die Voraussetzung für die Erhaltung und Wiederbesiedlung von Pflanzen- und Tierarten, die auf diese Standortbedingungen angewiesen sind. Viele dieser Arten stehen auf der Roten Liste.

Bei Verbesserung der Wander- und Austauschbeziehungen kann einerseits von hier aus eine Wiederbesiedlung weiterer regenerierter Flussabschnitte des Hochrheins und seiner Nebenflüsse, insbesondere durch kieslaichende und lange Distanzen wandernde Fische, erfolgen. Andererseits werden so die Voraussetzungen geschaffen, dass lebensraumtypische Tiere und Pflanzen aus den Nebengewässern sich im Hochrhein wieder ausbreiten und ansiedeln können.

Bis zur vollen Entfaltung der regionalen Wirkung der Geschiebereaktivierung durch temporäre Stauabsenkung werden, unter Berücksichtigung der Transportzeiten durch die Kraftwerke Eglisau und Reckingen schätzungsweise 20 bis 30 Jahre vergehen. Im Bereich der Thurmmündung kann mit einem Erfolg der Maßnahmen kurzfristig gerechnet werden.

Der Abschnitt zwischen Kraftwerk Rheinau und Kraftwerk Albruck-Dogern mit seinen freien Fließstrecken und großen Geschiebeeinträgen kristallisiert sich als der Kernbereich im gesamten Hochrhein-System heraus.



Hochrhein bei Flaach



Rhein bei der Thurmmündung

Die Strecke vom Bodensee bis zum Kraftwerk Rheinau bietet nur ein geringes Verbesserungspotential, da hier von Natur aus nur ein geringer Geschiebetrieb vorhanden ist. Lokale Verbesserungen durch Uferrevitalisierungen sind möglich.

Vom Kraftwerk Albrück-Dogern bis Basel ist die Verbesserung des Geschiebetriebs durch temporäre Stauabsenkungen nur in wenigen, räumlich sehr begrenzten, Bereichen ökologisch wirksam. Die Trittsteinfunktion dieser Bereiche ist jedoch von grundlegender Bedeutung.

Die unterschiedlichen ökologischen und zeitlichen Prioritäten sind in der Tabelle 4 im Anhang zusammengestellt.

Zum Erhalt und zur Förderung der geschiebeabhängigen Lebensräume ist auch die Förderung der übrigen natürlichen Prozesse und der funktionalen Vernetzungen notwendig. Neben der Verbesserung des Geschiebehaushaltes im Rhein durch temporäre Stauabsenkungen, Geschiebeweitergabe und Einstellen von Geschiebebaggerungen ist die Geschiebeaktivität der Nebengewässer bedeutsam. Außerdem ist die Revitalisierung verbauter Ufer am Hochrhein und an ausgewählten Seitenflüssen dringend erforderlich.

Für den Hochrhein sollte unter Beachtung des Rheinfalles als natürliche Barriere ein zusammenhängendes Ökosystem angestrebt werden. Ist dies aus technischen oder sonstigen Gründen nicht überall möglich, so sind zumindest Teileinheiten zu schaffen, die in sich die wesentlichen Anforderungen an die Funktionen eines Fließgewässers erfüllen. Dabei hat der eingangs beschriebene Bereich zwischen Kraftwerk Rheinau und Kraftwerk Albrück-Dogern als Einheit oberste Priorität. Ebenso sollten alle weiteren, ohne grossen Aufwand und Abklärungsbedarf durchführbaren Maßnahmen, so rasch als möglich realisiert werden.

Die Realisierung der Maßnahmen - vor allem in dem beschriebenen Kernbereich - führt zu einer deutlichen Verbesserung der ökologischen Funktionen des Hochrheins und seiner Umgebung. Die Lebens- und Fortpflanzungsbedingungen der charakteristischen Arten könnten schon mittelfristig über eine große Strecke des Hochrheins erheblich aufgewertet werden.

Werden keine Maßnahmen ergriffen und wird abgelagertes Geschiebe weiterhin entnommen, so ist mit einem fortschreitenden Rückgang der lebensraumtypischen Tiere und Pflanzen zu rechnen. Viele Arten sind bereits lokal oder regional aus dem Gewässerökosystem des Hochrheins verschwunden und das noch



Rhein oberhalb der Aaremündung



Restrhein bei Albrück-Dogern



Rhein bei Rheinfelden

vorhandene große Artenpotenzial in den freien Fließstrecken würde mittel- bis langfristig weitgehend erlöschen. Selbst langlebige Arten wie die Äsche können die zunehmend ungünstigen Fortpflanzungsbedingungen nicht kompensieren. Die fortschreitenden Verinselungen der Restpopulationen verstärken solche Prozesse.



Rhein bei Augst-Wyhlen



Anlagen

Tabellen

Abbildungen

Karten

Literatur

Tab. 1: Die Fische des Hochrheins - ihre Häufigkeit, ökologischen Ansprüche sowie ihr Aufstieg an den Fischtrepfen (1995/96)

Quellen: GERSTER 1991, BUWAL 1998, FINANZDEPARTEMENT ARGAU 1999, BOHL 1992, LADIGES & VOGT 1979, MÜLLER 1983

Deutscher Name	RL BW	RL CH	Vork. 1900	Vork. 1985	Vork. 1995	Öko-Typ	Wanderung	Laichsubstrat	Ökologie	Aufstieg 1995/96
Maifisch	1	0	2			R	ana	K	w	
Bachneunauge	3	1	+			R	kurz	K; S	k,s,b	
Flußneunauge	1	0	+			R	ana	S; K	p,h,w	
Meerneunauge	1	-	+			R	ana	K		
Stör	0	0	1			R	ana	K	h,w	
Lachs	1	0	3			R	ana	K	k,s,h,w	
Bachforelle	-	4c/d	3	1-3	1-3	R	stat	K	k,s,h	0
Seeforelle	2	2		1	1	(L)	mittel	K	k,s,h,w	0
Regenbogenforelle	-	-		1-2	1-2	R	ana	K		+/-
Äsche	3	3	3	1-3	1-3	R	stat	K; S	k,s,h	--
Felchen/ Maräne	-	4c/d		1	1	E	kurz; (ana)	K; P; SB		0
Hecht	-	-	+	1-2	1-2	E	stat	P; SB	v	--
Flussbarsch/Eggl	-	-	+	2	2-3	E	stat	P; K		+/-
Zander	-	-		2	1-2	E	stat	P; W	h	-
Kaulbarsch	-	4a	+	1	1	E	stat	K; P; ST		0
Sonnenbarsch	-	-		0	I	-	stat	K; S		--
Aal	2	4d	3	3	2-3	E	kata	Meer	w	++
Alet; Döbel	-	-	3	2-3	2-3	R	stat	P; ST		+
Barbe	3	4d	3	2-3	2-3	R	Fauf; stat	K; ST	s,h,w	++
Bitterling	2	2		1	1	L/E	stat	in Muscheln	t,v	0
Blicke	-	-	1	1	1	L	stat	P		-
Brachse/ Brachsmen	-	-	1	2-3	1-3	L	stat	P		+
Elritze	3	4d	3	1	1	R	stat	K	s,h	0
Goldorfe	-	-		0	I	-	stat	P		0
Gründling	-	4d	3	1-2	1-3	R	stat	S; K	s,h	--
Hasel	-	-	3	1-3	2-3	R	kurz	K	s,h	+/-
Karause	3	-		0	I	L	stat	P	t,v	--
Karpfen	-	4c		1-3	1-2	E	stat	P	t,v	-
Laube/Ukelei	-	4b	3	2-3	2-3	E	stat	ST; K; P	t	+/-
Moderlieschen	3	3		1	1	L	stat	P	t,v	
Nase	3	3	3	1-2	1-2	R	kurz	ST; K	s,h,w	+/-
Rotauge/Plötze	-	4a	1	1-3	1-3	E	kurz	P		+
Rotfeder	-	-	1	2	1-2	L	stat	P	t,v	+/-
Schleie	-	-		1-2	1-2	L	stat	P		-
Schneider	2	3	3	1	1	(R)	stat	ST; K	s,h	-
Strömer	2	2	3	1	1	R	stat	K	s,h	-
Bartgrundel	-	-	+	1-2	1-3	R	stat	ST	h	0
Steinbeisser/ Dorngrundel	1	3		1	1	(E)	stat	P; ST	b	0
Groppe	3	4d	+	1	1	(R)	stat	ST	k,s,h	0
Dreistachliger Stichling	-	4a		1	1	(R/E)	stat (ana)	baut Nest; SB	v	0
Trüsche/Quappe	2	-	+	1-3	1-2	R	stat	WR	k,s,h	--
Katzenwels	-	-		0	I	E	stat	Nestbau		0
Wels	-	4a		+	+	E	stat	Nestbau; P	t,v	0
Bachsaibling					I	R	stat	K		--
Graskarpfen					I	-	stat	K		--

Legende

Rote Liste (RL) Baden Württemberg (BW) und Schweiz (CH)

0	=	ausgestorben/verschollen/ausgerottet
1	=	vom Aussterben bedroht
2	=	stark gefährdet
3	=	gefährdet
4/4a-d	=	potentiell gefährdet

Häufigkeit des Vorkommens

1	=	selten
2	=	mittel
3	=	häufig
+	=	Art vorhanden, ohne Häufigkeitsangabe

I	=	Irrgast, Zufallsfund
---	---	----------------------

Ökotyp

R	=	Rithrale/rheophile Art
E	=	gegenüber Strömungsverhältnisse tolerant
L	=	Stillwasserliebende Art

Wanderung

Fauf	=	Flussaufwärts
stat	=	stationär
ana	=	anadrom
kata	=	katadrom
kurz	=	Kurzstreckenwanderer
mittel	=	Mittelstreckenwanderer

Laichsubstrat/Fische

P	=	Pflanzen
K	=	Kies (Geröll)
S	=	Sand
ST	=	Steine
SB	=	Seeboden
W	=	Wurzeln
WR	=	Wasserraum

Ökologie

b	=	benötigt besonnte Wohnsubstrate
h	=	benötigt harte Laichsubstrate
k	=	kälteliebend
p	=	parasitisch
s	=	hoher Sauerstoffgehalt
t	=	wärmeliebend
v	=	benötigt submerse Vegetation
w	=	führt nennenswerte Wanderungen durch

Aufstieg der Fische an den Fischtreppen (1995/96)

--	=	sehr gering (1 - 10 Ex.)
-	=	gering (11 - 100 Ex.)
+/-	=	mäßig (111 - 1000 Ex.)
+	=	gut (1001 - 10000 Ex.)
++	=	sehr gut (> 10.000 EX.)

Tab. 2: Weitere Naturschutzmaßnahmen am Hochrhein

Am Hochrhein und seinen Zuflüssen sind eine Vielzahl von Maßnahmen geplant oder bereits ausgeführt, die eine Verbesserung der ökologischen Verhältnisse zum Ziel haben. Parallel zu den Maßnahmen der Geschiebestudie sind es wichtige Bausteine zur ökologischen Aufwertung des gesamten Lebensraumes.

Wiese	Erstellung eines Entwicklungskonzeptes für naturnahe Gewässerstrukturen	erstellt
	Verbesserung der Geschiebeführung am Wehr Maulburg	durchgeführt
Rhein in Basel	Ufer-Renaturierung am Schaffhauser Rheinweg mit Kiesflachufern und Buchten	geplant
Birs	Ökologische Umgestaltung der Sohlschwellen im Mündungsbereich	durchgeführt
	Renaturierung des Birskopfes	geplant
KW Rheinfelden	Umgestaltung des derzeitigen Werkkanals in ein Umgehungsgewässer im Rahmen des Kraftwerksausbaus	geplant
KW Säckingen	Schaffung von Flachwasserzonen und eines Umgehungsgewässers	geplant
Stau Laufenburg	Schaffung von Flachwasserzonen im Rückstau-bereich	geplant
Rhein bei Etzgen	Schaffung einer Kiesinsel am schweizer Ufer des Rheins	geplant
Alb	Verbesserung der Durchgängigkeit an der Sohl-schwelle im Mündungsbereich	geplant
KW Albruck-Dogern	Erhöhung der Restwassermenge im Altrhein auf 300 m ³ /s nach Bau des Wehrkraftwerks	geplant
	Anlage eines Umgehungsgewässers	geplant
	Schaffung einer Flachwasserzone im Stauraum östlich von Full	geplant
Mühlbach	Anlage einer Kiesbank im Mündungsbereich	durchgeführt
Aare	Erstellung eines Konzeptes zur Reaktivierung des Geschiebehaushaltes der Aare zwischen der Emme und dem Rhein	erstellt
Wutach	Renaturierung eines Wutachabschnitts bei Tiengen	durchgeführt
	Schaffung von Überschwemmungsflächen im Mündungsbereich der Wutach	geplant
Rhein bei Rietheim	Reaktivierung eines Rheinarms	geplant
Rhein bei Mellikon	Schaffung einer Flachuferzone	geplant
Rhein bei Neuhaus	Schaffung einer Flachuferzone im Hauptstauraum des KW Eglisau	geplant
Rhein bei Rüdlingen	Uferrenaturierung mit Kies-Flachufern und Buchten	geplant
Töss	Verbesserung der Durchgängigkeit an einer Sohl-schwelle im Mündungsbereich	durchgeführt
Thur	Großflächiges Auenrenaturierungskonzept im Mündungsgebiet der Thur	geplant
KW Rheinau	Erhöhung der Restwassermenge im Restrhein	geplant
Rhein bei Diessenhofen	Schaffung von Kies-Flachufern mit Auwaldsaum	geplant

Tab 3: Beurteilung der vorgeschlagenen Maßnahmen bezüglich Geschiebehaushalt und Ökologie

Maßnahme	Beurteilung bzgl. Geschiebehaushalt	Ökologische Beurteilung
Abschnitt Stein am Rhein bis Schaffhausen		
DH-1 (Uferrevitalisierung)	■	■
DH-2 (Geschiebeweitergabe Kraftwerk Schaffhausen)	■	■
Abschnitt Schaffhausen bis Thurmündung		
DH-3 (Geschiebeweitergabe Kraftwerk Rheinau)	■	■
KS-6 (Uferrevitalisierung zwischen Balm/Rheinau und Ellikon)	■	■
KS-4/V3 (Durchführung einer letzten Baggerung an der Thurmündung)	■	--
Abschnitt Thürmündung bis Kraftwerk Albrück-Dogern		
KS-1/V3 (Reduzierte temporäre Stauabsenkung Kraftwerk Eglisau)	■	■
KS-3 (Temporäre Stauabsenkung Kraftwerk Reckingen)	■	■
KS-7 (Renaturierung Glatt)	■	■
WH-1 (Erhöhung der Geschiebezufuhr aus der Wutach)	■	■
WH-2 (Erhöhung der Geschiebezufuhr aus der Alb)	■	■
WH-4 (Temporär. Stauabsenkung Kraftw. Albrück-D.)	■	■
Abschnitt KW Albrück-Dogern bis Basel		
SÄ-1 (Temporäre Stauabsenkung Kraftwerk Ryburg-S.)	■	■
SÄ-2 (Erhöhung der Geschiebezufuhr aus der Murg)	■	■
SÄ-3 (Erhöhung der Geschiebezufuhr aus der Sissle)	■	■
SÄ-4 (Erhöhung der Geschiebezufuhr aus den kleinen Seitengewässern)	■	■
BA-1 (Temporäre Stauabsenk. Kraftwerk Augst-Wyhlen)	■	■
BA-2 (Erhöhung der Geschiebezufuhr aus der Ergolz)	■	■
BA-3 (Temporäre Stauabsenkung Kraftwerk Birsfelden)	■	■
BA-4 (Erhöhung der Geschiebezufuhr aus der Birs)	■	■
BA-5 (Erhöhung der Geschiebezufuhr aus der Wiese)	■	■

Erläuterung: ■ lokale Bedeutung für Geschiebehaushalt oder Ökologie
 ■ regionale Bedeutung für Geschiebehaushalt oder Ökologie
 ■ überregionale Bedeutung für Geschiebehaushalt oder Ökologie

Die Abkürzungen vor den Maßnahmen entsprechen den Maßnahmenbezeichnungen in SCHÄLCHLI, ABEGG + HUNZINGER & UNIVERSITÄT KARLSRUHE (2000).

Tab. 4: Übersicht und ökologische Beurteilung der vorgeschlagenen Maßnahmen zur Geschiebereaktivierung im Hochrhein

Es werden nur die Maßnahmen aufgeführt, die aus ökologischer Sicht zu bevorzugen sind; die Reihenfolge entspricht ihrer Lage im Flusskontinuum (Abkürzungen entsprechend dem Bericht „Geschiebehaushalt Hochrhein“)

Maßnahme	Ökologische Beurteilung	Bedeutung	Realisierung
	Abschnitt Stein am Rhein bis Schaffhausen		
DH1: Uferrevitalisierung Diessenhofen	Geringe Geschiebereaktivierung, Schaffung von wertvollen Uferstrukturen und Habitaten (Laichplätze für Fische, Lebensräume für Wasserwirbellose)	L – R	K – M
DH 2: Geschiebeweitergabe Kraftwerk Schaffhausen	Leichte Verbesserung der Geschiebefracht in der freien Fließstrecke zwischen KW Schaffhausen und dem Rheinfall, Förderung der Fische und Wasserwirbellosen	R	K - M
	Abschnitt Schaffhausen bis Thurmündung		
DH 3: Geschiebeweitergabe Kraftwerk Rheinau	Leichte Verbesserung der Geschiebefracht in der Restwasserstrecke bis zum ersten Hilfswehr, Förderung der Fische und Wasserwirbellosen	L	M
KS-6 Uferrevitalisierung zwischen Balm/Rheinau und Ellikon	Mäßige Geschiebereaktivierung in der freien Fließstrecke, Schaffung von wertvollen Uferstrukturen und Habitaten (Laichplätze für Fische, Lebensräume für Wasserwirbellose)	L - R	K – M
KS-4 Einstellung der Baggerung an der Thurmündung	Sehr großes Potenzial an Geschiebe (>8.000 m ³ /a), sehr wichtige Maßnahme für die Geschiebereaktivierung im Hochrhein – siehe KS-4/V3	Ü	K
KS-4/V3 Durchführung einer letzten Baggerung an der Thurmündung	Zur Verbesserung der ökologischen Situation im Rhein primär nicht von Bedeutung, aber von großer Bedeutung für die Beschleunigung des Prozesses der Geschiebereaktivierung im Rhein	Ü	K
	Abschnitt Thurmündung bis zum Kraftwerk Albbruck-Dogern		
KS-5 Einstellung der Baggerung an der Tössmündung	Großes Potenzial an Geschiebe (3.000 m ³ /a), sehr wichtige Maßnahme für die Geschiebereaktivierung im Hochrhein, Tössmündung ist selbst wertvoller Lebensraum für Fließgewässer-Lebensgemeinschaften	Ü	K
KS-1/V3 Reduzierte temporäre Stauabsenkung Kraftwerk Eglisau	Grundvoraussetzung für die Geschiebereaktivierung im ökologisch bedeutsamsten Kernbereich des Projektgebiets, wichtig für die Schaffung wertvoller Strukturen und Habitats in der freien Fließstrecke Reckingen - Aaremündung, langfristig für den gesamten Unterlauf des Hochrheins	Ü	K

Maßnahme	Ökologische Beurteilung	Bedeutung	Realisierung
KS-7 Renaturierung der Glatt	Verbesserung des Geschiebehaushalts der Glatt mit 1000 m ³ /a und langfristig des Rheins, Schaffung von wertvollen Uferstrukturen und Habitaten (Laichplätze für Fische, Lebensräume für Wasserwirbellose, landlebende Wirbellose)	L – R	K – M
KS-3 Temporäre Stauabsenkung Kraftwerk Reckingen	Grundvoraussetzung für die Geschiebereaktivierung im ökologisch bedeutsamsten Kernbereich des Projektgebiets, wichtig für die Schaffung wertvoller Strukturen und Habitate in der freien Fließstrecke Reckingen - Aaremündung, langfristig für den gesamten Unterlauf des Hochrheins	Ü	M
WH-1 Erhöhung der Geschiebezufuhr aus der Wutach	Mit 1.500 m ³ /a bedeutender Geschiebelieferant für den Restabschnitt der freien Fließstrecke sowie der Fließstrecke unterhalb des KW Albruck-Dogern, Verbesserung des Geschiebehaushalts in der Wutach und Schaffung von wertvollen Uferstrukturen und Habitaten (Laichplätze für Fische, Lebensräume für Wasserwirbellose, landlebende Wirbellose)	L - R	K - M
WH-3 Erhöhung der Geschiebezufuhr aus der Aare	Kurz- und mittelfristig aufgrund der Stauhaltung Klingnau keine Verbesserung möglich	(Ü)	L
WH-2 Erhöhung der Geschiebezufuhr aus der Alb	Mit 400 m ³ /a relativ gering bedeutender Geschiebelieferant für den Restabschnitt der freien Fließstrecke sowie der Fließstrecke unterhalb des KW Albruck-Dogern, Verbesserung des Geschiebehaushalts in der Alb und Verbesserung der Gewässermorphologie (Laichplätze für Fische, Lebensräume für Wasserwirbellose, landlebende Wirbellose)	L	M - L
WH-4 Temporäre Stauabsenkung Kraftwerk Albruck-Dogern	Wichtige Maßnahme für die Geschiebereaktivierung im Unterlauf des Hochrheins	Ü	M
	Abschnitt Kraftwerk Albruck-Dogern bis Basel		
SÄ-4 Erhöhung der Geschiebezufuhr aus kleinen Seitengewässern (Sulzer- und Möhlinbach)	Schaffung von wertvollen Uferstrukturen und Habitaten (Laichplätze für Fische, Lebensräume für Wasserwirbellose, landlebende Wirbellose, Flora) vorwiegend in den Seitenbächen und im direkten Mündungsbereich	L	K - L
SÄ-2 Erhöhung der Geschiebezufuhr aus der Murg	Mit 50 – 100 m ³ /a geringfügige Verbesserung des Geschiebehaushalts des Rheins, Ablagerung vorwiegend in Form eines Schüttkegels im Mündungsbereich	L	M – L

Maßnahme	Ökologische Beurteilung	Bedeutung	Realisierung
	Abschnitt Kraftwerk Albrück-Dogern bis Basel		
SÄ-3 Erhöhung der Geschiebezufuhr aus der Sissle	Mit bis zu 50 m ³ /a geringfügige Verbesserung des Geschiebehaushalts des Rheins, Ablagerung vorwiegend in Form eines Schüttkegels im Mündungsbereich	L	M - L
SÄ-1 Temporäre Stauabsenkung Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt	Wichtige Maßnahme für die Geschiebereaktivierung im Unterlauf des Hochrheins	Ü	M
BA-2 Erhöhung der Geschiebezufuhr aus der Ergolz	Mit 1.500 – 2.000 m ³ /a bedeutender Geschiebelieferant für den Unterlauf des Hochrheins, allerdings Ablagerung im Stauraum des Kraftwerks Augst-Wyhlen – hier wären weitere Verbesserungsmaßnahmen erforderlich	L - R	M - L
BA-1 Temporäre Stauabsenkung Kraftwerk Augst Wyhlen	Wichtige Maßnahme für die Geschiebereaktivierung im Unterlauf des Hochrheins – kommt auch dem Oberrhein zugute	Ü	M - L
BA-3 Temporäre Stauabsenkung Kraftwerk Birsfelden	Wichtige Maßnahme für die Geschiebereaktivierung im Unterlauf des Hochrheins – kommt auch dem Oberrhein zugute	Ü	M - L
BA-4 Erhöhung der Geschiebezufuhr aus der Birs	Mit 2.500 m ³ /a bedeutender Geschiebelieferant für den Unterlauf des Hochrheins, insbesondere aber für den Oberhein	R - Ü	K - M
BA-5 Erhöhung der Geschiebezufuhr aus der Wiese	Mit 1.500 m ³ /a bedeutender Geschiebelieferant für den Oberhein	R - Ü	K - M

Abkürzungen:

Bedeutung

L = ökologisch lokal bedeutend

R = ökologisch regional bedeutend

Ü = ökologisch überregional bedeutend

Priorität

K = Maßnahme kurzfristig realisieren

M = Maßnahme mittelfristig realisieren

L = Maßnahme langfristig realisieren

Abb. 1: Durch die Erosion von Ablagerungen im Bereich der Thur- und Tössmündung (rote Fläche), dem Weitertransport und der Ablagerung im tieferen Staubereich (gelbe Fläche) während temporären Stauabsenkungen werden die Voraussetzungen geschaffen, um das Geschiebe aus Thur und Töss durch die ganze Stauhaltung Eglisau zu transportieren.

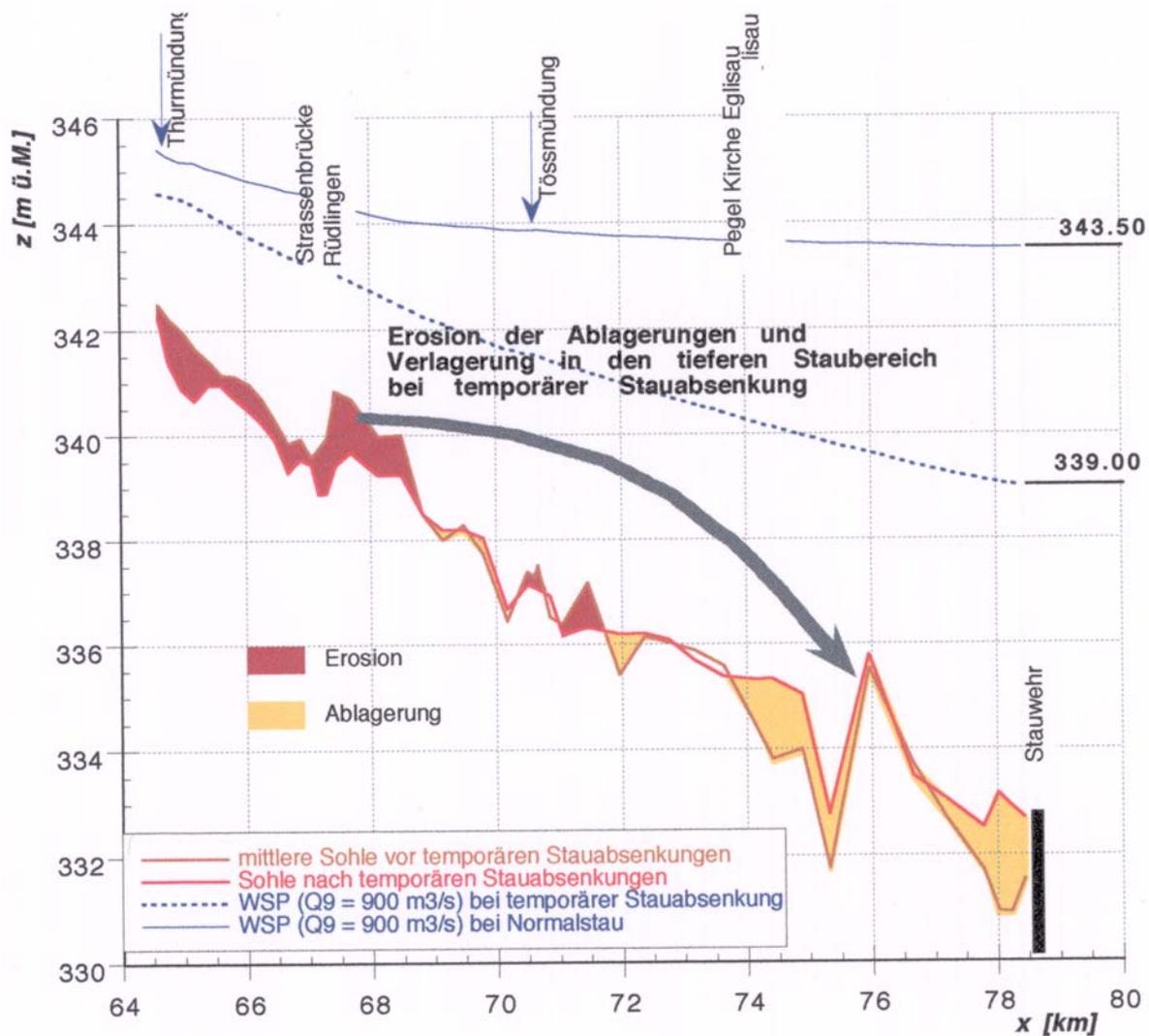
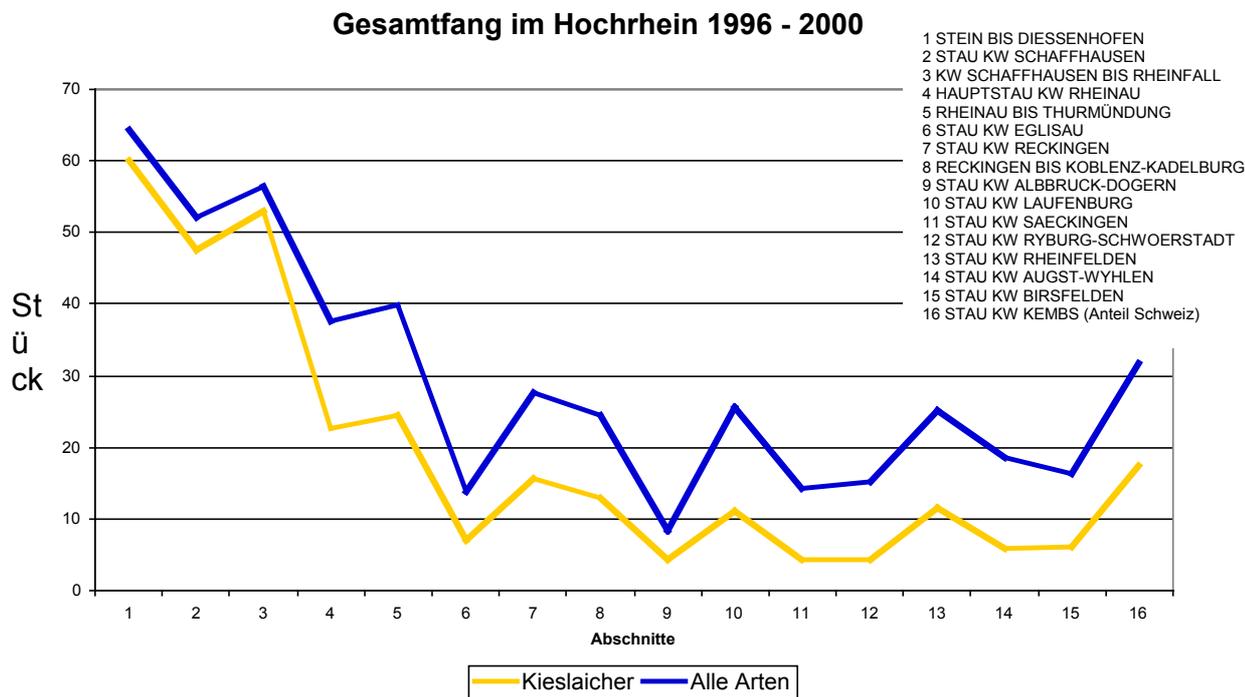
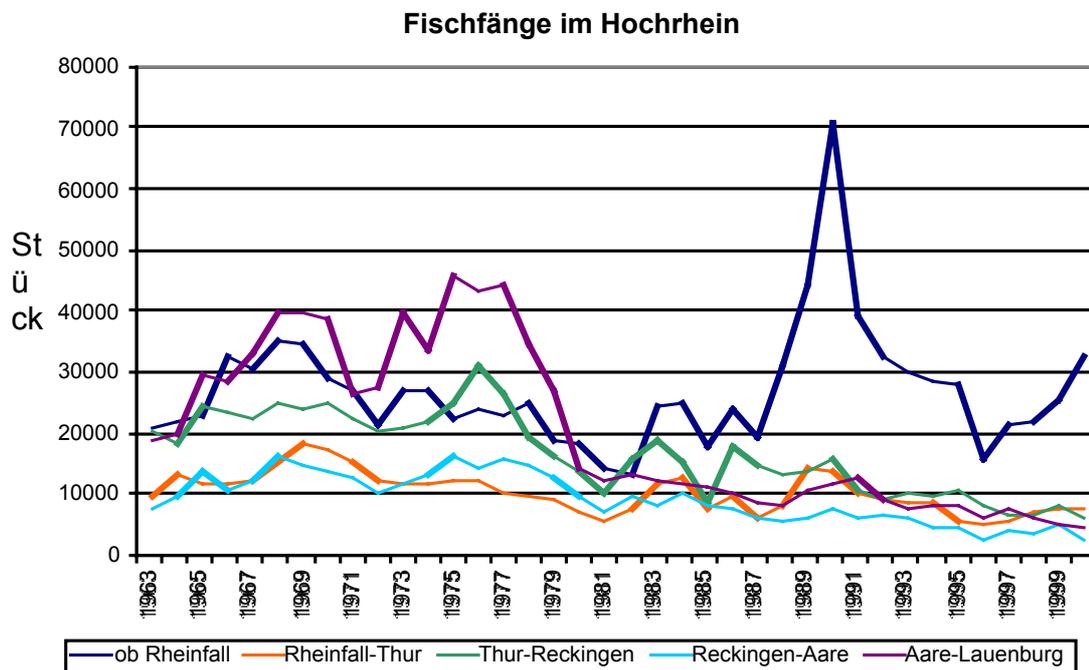
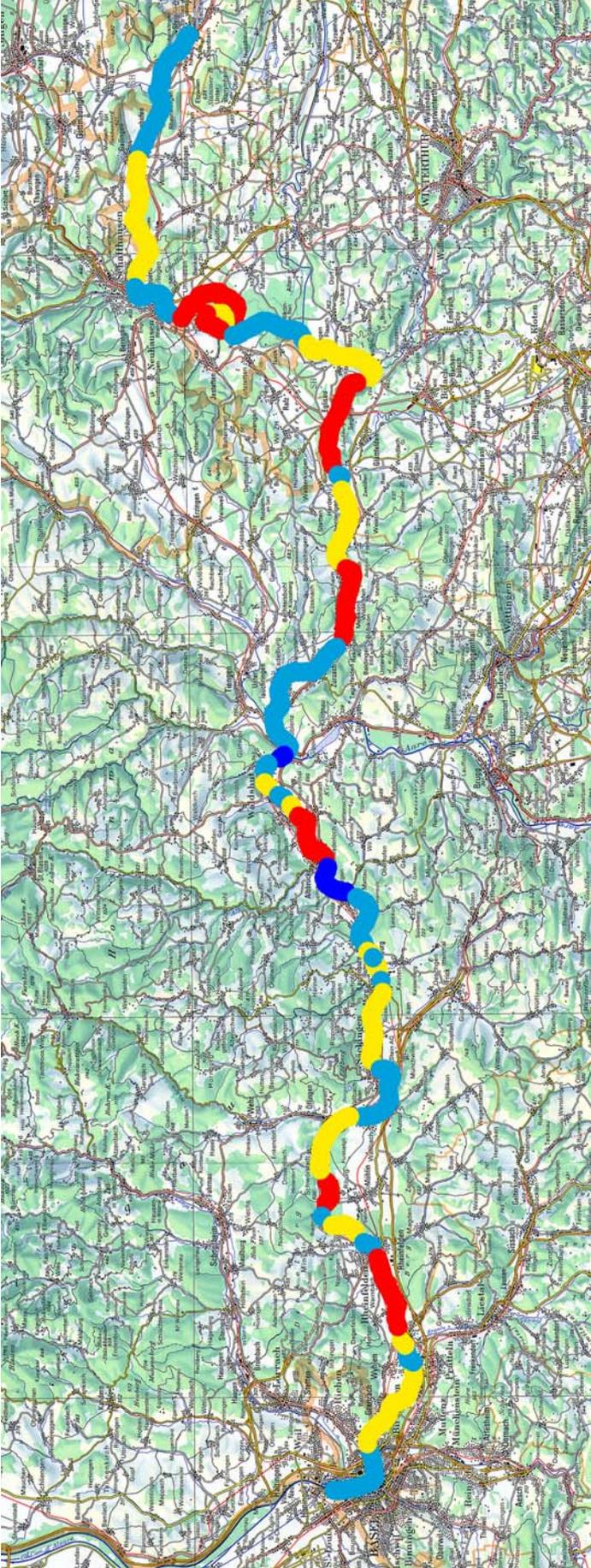


Abb. 2: Entwicklung der Fangzahlen der Fische im Hochrhein
 (Quelle: Auswertung der Hochrheinfischereistatistik durch
 VOSER, Finanzdepartement Kt. Aargau)



Karte 1: Fließgeschwindigkeiten des Hcohrheins

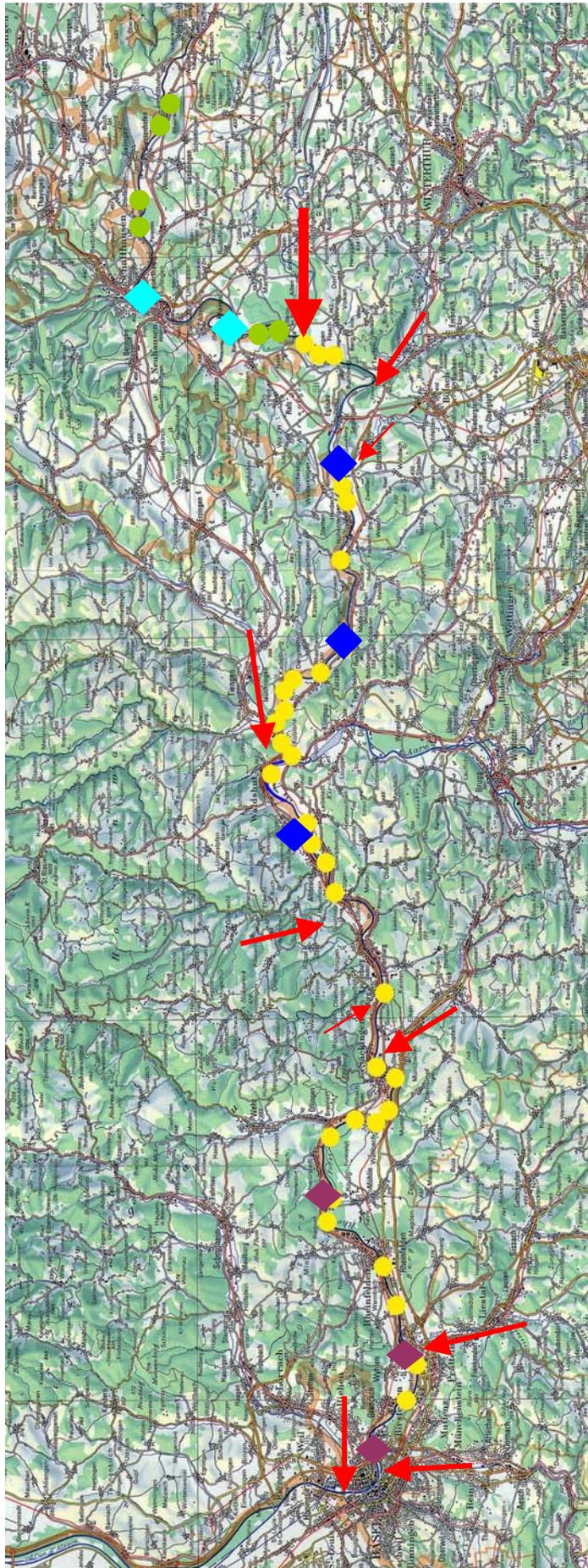


Legende

Fließgeschwindigkeit

- > 1,5 m/s
- 1,0 – 1,5 m/s
- 0,5-1,0 m/s
- < 0,5 m/s

Karte 2: Geschiebereaktivierung am Hochrhein



-  Großer Geschiebeeintrag
-  Mittlerer Geschiebeeintrag
-  Geringer Geschiebeeintrag
-  Geschiebeweitergabe
-  Temporäre Stauabsenkung an Kraftwerk
-  Prüfung der Geschiebereaktivierung an Kraftwerken
-  Uferrevitalisierung am Hochrhein
-  Mögliche Geschiebeanlagerungen

Literatur

- BAUMGÄRTEL, R. & ZEHM, A. (1999): Zur Bedeutung von Fließgewässer-Dynamik für naturnahe Rheinufer unter besonderer Betrachtung der Schwarzpappel (*Populus nigra*) und Sandrasen. – Natur und Landschaft 74/12: 530 – 535.
- BLESS, R. (1985): Zur Regeneration von Bächen der Agrarlandschaft. Eine ichthyologische Fallstudie – Schr.R. Naturschutz u. Landschaftspflege, Heft 26.
- BOHL, E. (1992): Fische (Pisces). - BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (Hrsg.): Rote Liste gefährdeter Tiere Bayerns. - Schr.R. Bayer. Landesamt f. Umweltschutz 111: 42-46, München.
- BOHL, E. (1998): Prägende Elemente der Fließgewässer. - Bericht vom Symposium am 23. und 24. April 1998 im Deutschen Museum in München, Hrsg. Landesfischereiverband Bayern e.V: 10 – 13.
- BUWAL - BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT (1998): Hochrhein – Aufstiegskontrollen 1995/96; Vergleich mit früheren Erhebungen – Rückgang der Rotaugenbestände; mögliche Ursachen. – Mitt. zur Fischerei 60: 215 S..
- BUWAL - BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT (1999): Aktionsprogramm “Rhein 2000” – Ökologische Verbesserungsmaßnahmen. Reaktivierung des Geschiebehaushalts des Hochrheins – Grundlagenstudie. – Bern, 52 S.
- DUBLING, U. & BERG, R. (2001): Fische in Baden-Württemberg. – Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg, Stuttgart; 176 S..
- FINANZSDEPARTEMENT AARGAU ABTEILUNG WALD SEKTION JAGD UND FISCHEREI (1999): Lebensraumverbesserungen für Wassertiere – Zusammenfassung der Arbeiten des Jahres 1999. – Aargau.
- GERKEN, B. (1988): Auen – verborgene Lebensadern der Natur. – 131 S. Freiburg/Br.
- GERSTER, S. (1991): Hochrheinfischfauna im Wandel der Zeit. – Informationsbroschüre, Internationale Fischereikommission für den Hochrhein. – Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Schr.R. Fischerei Nr. 49: 28 S..
- HOFFMAN, A. (1996): Rhein. – Erstellen einer Karte über die Naturschutzgebiete und ökologisch wichtigen Bereiche am Rhein im Rahmen des Aktionsprogramms “Rhein 2000“. – unveröff..
- HÖLZINGER, J. (1987): Die Vögel Baden-Württembergs - Bd. 1: Gefährdung und Schutz. Teil 2: Artenschutzprogramm Baden-Württemberg, Artenhilfsprogramme. - Ulmer Verlag, Stuttgart.
- IKSR (1999): Ist der Rhein wieder ein Fluss für Lachse? – Lachs 2000. – Koblenz, 62 S.
- IKSR (2001): Programm „Rhein 2020“, Programm zur nachhaltigen Entwicklung des Rheins, Koblenz, 27 S..
- INSTITUT FÜR LANDSCHAFTSÖKOLOGIE UND NATURSCHUTZ BÜHL (ILN) (2001): Folgeuntersuchung der Probeflächen zur Dokumentation der Entwicklungsdynamik ausgewählter Tier- und Pflanzenarten auf den Bühnenfeldern südlich Breisach. – Unveröff. Bericht, im Auftrag der Gewässerdirektion südlicher Oberrhein/Hochrhein.
- KIRCHHOFER, A. (2001): Zur Bedeutung eines intakten Geschiebehaushaltes für die Biologie in Fließgewässern. – Unveröff. Manuskript, 2 S.
- LADIGES, W. & VOGT, D. (1979): Süßwasserfische Europas – Bis zum Ural und Kaspischen Meer. – Parey Verl., Hamburg, 2. Aufl., 299 S..

- LAUTERBORN, R. (1916): Die geographische und biologische Gliederung des Rheinstroms. – Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, Jhr. 1916, 6. Abhandlung: 88 S..
- LÖFFLER, H. (1999): Wiederherstellung der Durchgängigkeit aus ökologischer Sicht. - aus Statusbericht 98/99 der WBW Fortbildungsgesellschaft, 5.Jg, Heidelberg 1999
- MOON, H.P. (1939): An investigation of the movements of freshwater invertebrate faunas. – J. Anim. Ecol. 9: 76 – 83.
- MÜLLER, H. (1983): Fische Europas. – Beobachten und Bestimmen. – Neumann Verlag, Leipzig – Radebeul, 320 S..
- MÜLLER, N. (1990a): Die übernationale Bedeutung des Lechtals für den botanischen Arten- und Biotopschutz und Empfehlungen zu deren Erhaltung. - Schr.-R. Bayer. Landesamt für Umweltschutz 99 (Beiträge zum Artenschutz 11): 17 - 40.
- MÜLLER, N. (1990b): Das Lechtal - Zerfall einer übernationalen Pflanzenbrücke - dargestellt am Lebensraumverlust der Lechfeldhaiden. - Ber. Naturwissenschaftl. Ver. Schwaben 94 (2): 26 - 39.
- PEDROLI, J.-C., ZAUGG, B. & KIRCHHOFER, A. (1991): Verbreitungsatlas der Fische und Rundmäuler der Schweiz – ATLAS DE DISTRIBUTION DES POISSONS ET CYCLOSTOMES DE SUISSE. – Documenta Faunistica Helvetiae 11, 207 S..
- PLACHTER, H. (1986): Die Fauna der Kies- und Schotterbänke dealpiner Flüsse und Empfehlungen für ihren Schutz. - Ber. der ANL 10: 119-147.
- REICH, J. (1999): Fortbildungsthema 1999 „Wiederherstellung der Durchgängigkeit“. – Statusbericht 1998/99 der Gewässernachbarschaften in Baden-Württemberg: 11 – 20.
- REICH, M. (1998): Wildflußlandschaften. – In: DETZEL, P. (1998): Die Heuschrecken Baden-Württembergs. – Stuttgart, 580 S.
- REY, P., ORTLEPP, (1997): Koordinierte biologische Untersuchungen am Hochrhein 1995; Makroinvertebraten. – Schriftenreihe Umwelt Nr.283; Hrsg: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) Bern 1997
- REY, P., ORTLEPP, J., MAURER, V. & GERSTER, S. (1996): Rückkehr der Lachse in Wiese, Birs und Ergolz. – Strukturelle und ökologische Zustandserfassung der grossen Rheinzuflüsse im Raum Basel für ein Wiederansiedlungsprogramm des Atlantischen Lachses (*Salmo salar*). – BUWAL, Schriftenreihe Umwelt Nr. 258, 117 S.
- RIECKEN, U., RIES, U. & SSYMANK, A. (1994): Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen der Bundesrepublik Deutschland. - Schr.-R. für Landschaftpflege und Naturschutz 41, Bonn-Bad Godesberg
- SCHÄLCHLI, ABEGG & HUNZIGER; UNIVERSITAET KARLSRUHE (INSTITUT FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURTECHNIK) (Hrsg) (2000): Geschiebehaushalt des Hochrhein. – Im Auftrag des Bundesamtes für Wasser und Geologie und des Regierungspräsidiums Freiburg, 116 S..
- SCHÄLCHLI & ABEGG (1997): Geschiebetransport Stauhaltung KW Eglisau. – Hydraulische und geschiebemechanische Machbarkeitsstudie betreffend den Geschiebetransport durch das Stauwehr Eglisau bei Hochwasserabfluss durch periodische Staupegelabsenkungen. – Im Auftrag des Amtes für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich, 36 S..
- SEIFERT, K. (2001): Renaturierung der Donauauen – Ökologisches Gutachten zur Funktionalität des geplanten Umgehungssystems an der Donau zwischen Neuburg und Ingolstadt. – unveröff. Gutachten.

- SHELDON, A. L. (1984): Colonization dynamics of aquatic insects. – In: RESH, V. H. & ROSENBERG, D. M.: The ecology of aquatic insects. New York (Praeger Publ.): 401 – 429.
- THÜRINGER MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (1992): Fische in Thüringen. – 96 S..
- TREECK, P. VAN & RENNERICH, J. (1990): Vergleichende Untersuchung zum Einfluß von Strömung und Substratstruktur auf die Wiederbesiedlung der Bachsohle durch Makroinvertebraten. - Deutsche Ges. f. Limnologie, Jahrestagung 1990: 468-472.
- WÄCHTER, K. (1989): Auswertung der Makrophyten-Grobkartierung in Rhein, Aare und Reuss zwischen 1984 und 1986. – 53 S. + Anhang, Zürich.