

*Kleinwasser-  
kraftwerke  
und  
Gewässerökologie*

*Situationsanalyse*



# *Kleinwasser- kraftwerke und Gewässerökologie*

*Situationsanalyse*

*Autoren: Claudia Zaugg, AQUARIUS, Neuchâtel  
Hanspeter Leutwiler, ITECO Ingenieur-  
unternehmung AG, Affoltern a/A*

1996 / Bestellnr.: 805.761.d

Projektleitung DIANE Klein-Wasserkraftwerke  
c/o ITECO Ingenieurunternehmung AG  
Postfach, 8910 Affoltern am Albis  
Tel. 01 762 18 18 / Fax 01 762 18 15



## **IMPRESSUM**

- Herausgeber: Bundesamt für Energiewirtschaft, Bern unter Mitarbeit des Bundesamtes für Wasserwirtschaft und des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern
- Bearbeitung: Claudia Zaugg, c/o AQUARIUS, case postale 67, 2001 Neuchâtel, Tel. 038 - 24 72 62  
Hanspeter Leutwiler, c/o ITECO Ingenieurunternehmung AG  
8910 Affoltern am Albis
- Projektbegleitung: Arbeitsgruppe Ökologie und Kleinwasserkraftwerke  
Dr. Peter Huggenberger, c/o EAWAG Dübendorf  
Dr. Jean-Carlo Pedroli, c/o AQUARIUS, Neuchâtel
- Titelblatt: F. Hartmann, St. Gallen
- Copyright: © Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW), 3003 Bern
- Bezugsquellen: Eidg. Drucksachen und Materialzentrale, 3000 Bern  
Bestellnr.:  
  
SKAT, Fachstelle der Schweizerischen Entwicklungszusammenarbeit für Technologie-Management, Vadianstrasse 42,  
9000 St. Gallen  
  
INFOENERGIE Nordwestschweiz (Adresse siehe unten)

### **Information und Beratung**

Information über Fördermassnahmen des Bundes, das DIANE Projekt Klein-Wasserkraftwerke und weitere Belange der Kleinwasserkraftwerke erteilen die Beratungsstellen von INFOENERGIE oder die Projektleitung DIANE Klein-Wasserkraftwerke:

INFOENERGIE Ostschweiz  
c/o Nova Energie GmbH  
FAT, 8356 Tänikon bei Aadorf  
Tel. 052-368 34 85, Fax 052-368 34 89

INFOENERGIE Nordwestschweiz  
c/o Nova Energie GmbH  
Schachenallee 29, 5000 Aarau  
Tel. 062-834 03 03, Fax 062-834 20 15

INFOENERGIA Ticino, Centrale di consulenza  
sezione protezione aria e acqua, 6500 Bellinzona  
Tel. 091-804 37 55/53, Fax 091-804 37 36

Raymond Chenal  
Fondation MHyLab, 1354 Montcherant  
Tel. und Fax 024/41 36 54



# Inhaltsverzeichnis

**DANK**

**VORWORT**

## **KAPITEL I - ALLGEMEINER TEIL**

<b>I.</b>	<b>Weshalb eine Situationsanalyse KWK und Oekologie?</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>Was ist ein naturnahes Fließgewässer?</b>	<b>4</b>
<b>III.</b>	<b>Wie sehen die Fließgewässer heute aus?</b>	<b>6</b>
<b>IV.</b>	<b>Gesetzliche Grundlagen</b>	<b>10</b>
<b>V.</b>	<b>Literatur</b>	<b>11</b>

## **KAPITEL II - SPEZIFISCHER TEIL: KLEINWASSERKRAFTWERKE - PROBLEME UND LÖSUNGSANSÄTZE**

<b>I.</b>	<b>Grossräumige ökologische Auswirkungen</b>	<b>12</b>
<b>II.</b>	<b>Lokale ökologische Auswirkungen</b>	<b>13</b>
<b>1.</b>	<b>Aufstiegshilfen - Umgehungsgerinne</b>	<b>16</b>
1.1	Unterbruch der Fischwanderung durch natürliche Hindernisse, Schwellen, Wehre und Staumauern	16
1.2	Fischtreppe	17
1.3	Umgehungsgerinne	19
1.4	Aufstiegshilfen für Fische - und die übrigen Flussbewohner?	21
1.5	Situation in der Schweiz	21
1.6	Literatur	23
<b>2.</b>	<b>Abwanderungsproblematik - Turbinenmortalität</b>	<b>25</b>
2.1	Problematik	25
2.2	Einfluss des Stauraumes auf die Abwanderung von Fischen	25
2.3	Gefahr von Verletzungen durch Abstürze	25
2.4	Fischmortalität in Turbinen	25
2.5	Massnahmen	26
2.6	Situation in der Schweiz	27
2.7	Literatur	27
<b>3.</b>	<b>Restwassermenge - benetzte Fläche</b>	<b>28</b>
3.1	Weshalb braucht der Fluss eine bestimmte Restwassermenge?	28
3.2	Situation in der Schweiz	29
3.3	Literatur	30

<b>4.</b>	<b>Spülungen von Stauräumen</b>	<b>31</b>
4.1	Weshalb werden Stauräume gespült?	31
4.2	Auftretende Probleme	31
4.3	Lösungsansätze zur Verminderung der Umweltschäden	32
4.4	Fallbeispiel Kanton Graubünden	34
4.5	Fallbeispiel Eugenisee	34
4.6	Situation in der Schweiz	35
4.7	Literatur	36
<b>5.</b>	<b>Schwallbetrieb</b>	<b>37</b>
5.1	Weshalb kann Schwallbetrieb schädlich sein?	37
5.2	Beispiel aus Oesterreich	37
5.3	Schlussfolgerungen und Lösungsansätze für KWK	38
5.4	Situation in der Schweiz	38
5.5	Literatur	39
<b>6.</b>	<b>Stauraum</b>	<b>40</b>
6.1	Veränderungen des Flusses, wenn er aufgestaut wird	40
6.2	Gestaltungsmassnahmen im Staubereich	40
6.3	Bewirtschaftung von Stauräumen	42
6.4	Situation in der Schweiz	43
6.5	Literatur	43
<b>7.</b>	<b>Schwemmgut</b>	<b>44</b>
7.1	Problematik	44
7.2	Gesetzliche Grundlagen	44
7.3	Zielsetzung des DIANE-Teilprojektes "Geschwemmsel- probleme bei KWK"	44
7.4	Literatur	45
<b>8.</b>	<b>Fremdstoffe: Schmiermittel und Hydrauliköle</b>	<b>47</b>
<b>9.</b>	<b>Situation in den fliessenden Bereichen von KWK</b>	<b>49</b>
9.1	Allgemeines	49
9.2	Eine alte Technologie neu entdeckt: Ingenieurbiologischer Wasserbau	49
9.3	Spezialfall Ausleitungsstrecken	52
9.4	Triebwasserstrecken und Speicherräume als Lebensraum?	54
9.5	Situation in der Schweiz	54
9.6	Literatur	54
<b>10.</b>	<b>Oekologisch-ökonomische Gesamtoptimierung</b>	<b>56</b>



## **Anhang 1: Literaturverzeichnis**

a)	Einleitung/Allgemeines	59
b)	Rechtliche Situation	60
c)	Aufstiegshilfen/Umgehungsgerinne/Flusskontinuum	60
d)	Restwasser/benetzte Fläche	62
e)	Spülungen	63
f)	Schwallbetrieb	64
g)	Stauraum	65
h)	Schwemmgut	66
i)	Wasserbau	66

## **Anhang 2: DIANE Publikationen**



## **DANK**

Die "Situationsanalyse Kleinwasserkraftwerke und Gewässerökologie" wurde als eine der ersten Arbeiten des DIANE Projekts Klein-Wasserkraftwerke als internes Arbeitsmittel der DIANE-Arbeitsgruppe "Ökologie und Kleinwasserkraftwerke" angegangen. Die Herausforderung und die Reichhaltigkeit des Themas führten zum Ziel, die von der Arbeitsgruppe gemachten Erfahrungen als Publikation herauszugeben. Bis dieses Ziel erreicht werden konnte, haben sich viele Personen und Stellen mit Anstössen, Beiträgen und Gegenlesen beteiligt, insbesondere die Mitglieder der Begleitgruppe des DIANE Projektes Klein-Wasserkraftwerke und der Arbeitsgruppe "Ökologie und Kleinwasserkraftwerke".

Die Autoren danken all diesen Mitwirkenden für ihr Engagement, ihre grosse Ausdauer und Konsensfähigkeit für das Zustandekommen dieser Arbeit.

## **VORWORT**

### **Konflikt Kleinwasserkraftwerke - Umweltschutz**

"Kleinwasserkraftwerke bilden eine der umweltfreundlichsten Techniken zur Energieerzeugung", sind Bauherren, Betreiber und ihre Planer überzeugt, und investieren viel Idealismus, Zeit und beträchtliche Geldmittel in diese langlebigen und kapitalintensiven Anlagen. "Energie aus erneuerbaren Quellen ist eine ökologische Grösse" - dieser Grundsatz steht hinter dem Energieartikel, dem Energienutzungsbeschluss und den Programmen des Bundes für die Förderung von Kleinwasserkraftwerken.

"Kleinwasserkraftwerke beeinträchtigen die ohnehin schon zu stark belasteten Gewässer", heisst es auf der Seite der Umweltschützer und schutzbeauftragten Ämter. Neue gesetzliche Auflagen treffen die Kleinwasserkraftwerke empfindlich. Einsprachen und daraus folgende Projektänderungen verteuern die Projekte. Ein Augenschein von Fachleuten hat zudem ergeben, dass in vielen Fällen die Möglichkeiten nicht voll ausgeschöpft werden, Kleinwasserkraftwerke im wirtschaftlich tragbaren Rahmen ökologischer zu gestalten und zu betreiben. Der Vorgehensweg, im Gespräch mit der Gewässerschutzseite einvernehmliche Lösungen zu suchen und realitätsgerechte Bedingungen und Auflagen von den Behörden zu erzielen, wird von den Gesuchstellern oft nicht begangen oder scheitert an mangelndem Fachwissen und gegenseitigen Vorurteilen.

Trotz oder gerade wegen dieser Diskrepanz bilden Kleinwasserkraftwerke den Prüfstein der Förderung für neue erneuerbare Energien: in keinem anderen Technologiebereich liegen so viele Millionen Kilowattstunden unmittelbar und zu wirtschaftlich tragbaren Preisen aus erneuerbaren Quellen brach. Oder aus umgekehrter Optik formuliert: die Frage der Gewässerverträglichkeit ist zum Prüfstein für die kleinen Wasserkraftwerke geworden.

## Lösungsansätze

Mit der vorliegenden Arbeit soll dieses Problem angegangen werden. Erstmals wird in der Schweiz das Thema "Kleinwasserkraftwerke und Gewässerökologie" für das Zielpublikum der Bauherren und Betreiber sowie der Planer umfassend aufgerollt, um ihnen ein Instrument für die Projektierung, das Bewilligungsverfahren und den Betrieb in die Hand zu geben. Einerseits sollen die Zielgruppen für die ökologischen Probleme sensibilisiert werden. Andererseits soll Wissen zugänglich gemacht werden, wie ökologische Möglichkeiten ausgeschöpft werden können.

Jedes Gewässer weist eine spezifische Dynamik auf und hat bestimmte Eigenschaften, welche durch Eingriffe des Menschen verändert werden. In dieser Arbeit wird nicht jede menschliche Beeinflussung eines Gewässers als negativ beurteilt. Dabei muss jedoch darauf geachtet werden, dass die Funktionalität des gesamten Systemes gewährleistet bleibt. Kleinwasserkraftwerke mit ihren zum Teil seit dem frühen Mittelalter bestehenden Weihern und Kanälen werden als Landschaft und Gewässer bildende Elemente gewürdigt. In einem Bericht der Abteilung Landschaft und Gewässer des Kantons Aargau heisst es zum Beispiel:

*Neben den rein technischen Untersuchungen wurden auch ökologische Aspekte studiert. Bei sehr vielen Kraftwerken wurden die Bearbeiter von den schönen und ökologisch vielseitigen Ober- und Unterwasserkanälen überrascht. Diese sind meist wertvolle Biotope für die aquatische und terrestrische Fauna und Flora und sollten im Wasserkanton Aargau im Landschaftsbild erhalten bleiben.*

Im letzten Jahrhundert standen in der Schweiz fast 10'000 kleine und kleinste Turbinen und Wasserräder in Betrieb, mit ebensovielen Stauhaltungen und Ausleitungen, den ökologischen Auswirkungen wurde jedoch keine Bedeutung zugemessen. Die Belastung durch Kleinwasserkraftwerke zählte wenig, weil der Grossteil der übrigen Gewässerstrecken noch unverbaut war.

So fällt es den Vertretern der Kleinwasserkraftwerke schwer zu glauben, dass heute mitunter die nicht einmal mehr 1000 verbliebenen Anlagen ein Problem darstellen sollen.

Wie auch die Wertungen ausfallen, die Vertreter der Kleinwasserkraftwerke sind heute aufgerufen, sich vertieft mit gewässerökologischen Anliegen zu befassen. Diese Forderung soll das Verdienst jener nicht schmälern - im Gegenteil! - welche bereits generationenlang freiwillig und auf eigene Kosten die Natur bei ihren Anlagen liebevoll gestaltet und sorgfältig gepflegt haben. Zeugen davon sind landauf und landab Mühlebäche, Werkkanäle, Staubereiche und Weiher, die zu idyllischen parkähnlichen Landschaftsakzenten geworden sind.

## **Rolle der Behörden**

Den Behörden kommt eine Schlüsselrolle zu. Sie können bei der Suche nach wirtschaftlich tragbaren Lösungen mit den verschiedenen Interessierten die Rolle des Moderators übernehmen. Weitere Möglichkeiten für die Behörden sind:

- Traditionelle Konzessionen enthalten viele Auflagen, welche nicht gesetzlich vorgegeben sind, zum Beispiel von Unterhaltungspflichten für Wege, Brücken und Gewässer. Bestehende Konzessionen könnten im Hinblick auf eine Entlastung von solchen Pflichten überprüft werden, und bei Erneuerungen und Neuerteilungen sollte auf diese Auflagen verzichtet werden.
- Die öffentliche Hand kann Kosten für Wasserbau und ökologische Massnahmen übernehmen. Dies rechtfertigt sich, weil sowohl die Produktion risikoarmer und klimaneutraler Energie als auch der Gewässerschutz im öffentlichen Interesse liegen.

## **DIANE Projekt Klein-Wasserkraftwerke**

Das DIANE Projekt Klein-Wasserkraftwerke recherchiert ungenutzte Potentiale in Trinkwasser- und Abwassersystemen. Weitere Potentiale liegen vor allem im Bereich von veralterten und stillgelegten Anlagen und im Niederstdruckbereich brach. Das Projekt lanciert eine Publikationsreihe als Vorgehenshilfe und organisiert Tagungen zur besseren Nutzung dieser Energiequellen. Es bietet im weiteren Beratungen an und verfolgt eine breite Informations- und Medienarbeit. Mit einer Tagungsreihe und dem Initiieren eines Ausstellungskongresses werden die KWK propagiert. Eine Publikationsliste befindet sich im Anhang am Schluss dieses Berichtes.

Eine Arbeitsgruppe "Ökologie und Kleinwasserkraftwerke", bestehend aus Fachleuten der Gewässerkunde und Gewässerökologie, wurde gegründet. Sie hat sehr viele Anlagen inspiziert und die Schwerpunkte für die ökologischen Teilprojekte des Projektes DIANE Klein-Wasserkraftwerke gesetzt.

Drei der wichtigsten ökologischen Themen werden vom DIANE Projekt Klein-Wasserkraftwerke herausgegriffen und in separaten Teilprojekten umfassend behandelt:

- Das Teilprojekt "Gewässerkontinuum" erarbeitet Grundlagen und erstellt einen Leitfaden für Aufstiegshilfen für Fische und Kleinlebewesen.
- Mit dem Teilprojekt "Schwemmgut" soll die wirtschaftliche Belastung durch die gesetzlich vorgeschriebene Entsorgung von Rechengut an ihrer Ursache des Geschwemmseinzuges in die Wasserfassung vermindert werden.
- In einem anderen Teilprojekt wird die graue Energie resp. der Energieerntefaktor der Kleinwasserkraftwerke untersucht, um Informationen zur Gesamtenergiebilanz zu gewinnen.

Die Resultate aller Arbeiten von DIANE Klein-Wasserkraftwerken werden bei Projektende in einer Schlusspublikation zusammengefasst.

HP. Leutwiler, Projektleiter



## KAPITEL I - ALLGEMEINER TEIL

### I. WESHALB EINE SITUATIONSANALYSE KWK UND ÖKOLOGIE?

Im Rahmen des Aktionsprogrammes Energie 2000 hat das Bundesamt für Energiewirtschaft verschiedene Projekte zur Förderung der Produktion regenerierbarer und umweltfreundlicher Energien und zum Energiesparen lanciert (DIANE-Programm). Mit dem DIANE Projekt Klein-Wasserkraftwerke soll deren Elektrizitätsproduktion gefördert werden. Kleinwasserkraftwerke (KWK) sind gemäss internationaler Gepflogenheit und Definition des Bundesamtes für Wasserwirtschaft Anlagen bis 10 MW Leistung. Sie erzeugen knapp 10 % der inländischen Wasserkraft. Speziell gefördert werden KWK bis 1 MW, welche knapp 2 % an die Wasserkraft beitragen. Unter Kleinstwasserkraftwerken versteht man Anlagen unter 300 kW.

#### Entwicklung der KWK in der Schweiz

In der Schweiz erlebten die Kleinwasserkraftwerke (KWK) hauptsächlich mit dem Aufkommen des Industriezeitalters im 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts ihre Blütezeit. Am 1. Januar **1914** standen in der Schweiz **6'860 Wasserkraftwerke** - hauptsächlich KWK - in Betrieb. Die Leistung der 6'700 Kleinstwasserkraftwerke unter 300 kW betrug 85 MW. Die dank dem technischen Fortschritt mögliche Entwicklung zur grosstechnologischen Nutzung der Wasserkraft liess die Bedeutung der kleinsten Anlagen spürbar sinken. Zahlreiche Kleinstkraftwerke wurden aus wirtschaftlichen Gründen in der Zeitspanne vom 1. Weltkrieg bis heute stillgelegt, was einem Verlust von regenerierbarer Energieproduktion gleichkommt. Zum Zeitpunkt der letzten Erhebung 1984 waren nur noch rund **700** stromproduzierende Anlagen **unter 300 kW** sowie **ca. 400 kleinste Anlagen** mit rein mechanischer Kraftübertragung (Mühlen, Sägen) in Betrieb. Ihre Leistung beträgt 46 MW, was einer Jahresproduktion von 190 Mio kWh entspricht. Grössere KWK konnten sich halten, z.T. jedoch nur auf Kosten ihrer Substanz - heute weisen viele von ihnen einen grossen Bedarf an Renovation und Modernisierung auf.

Im Verlaufe der letzten Jahrzehnte wurde jedoch deutlich, dass den **nicht erneuerbaren Ressourcen Grenzen** gesetzt sind, weshalb die Nutzung der Wasserkraft durch kleine Anlagen wieder an Bedeutung gewinnt. Das Aktionsprogramm Energie 2000 hat sich zum Ziel gesetzt, den Rückgang der KWK aus energie- und umweltpolitischen Gründen aufzuhalten, indem solche Kleinanlagen gefördert werden sollen. Bis ins Jahr 2000 wird eine Mehrproduktion an elektrischer Energie durch Wasserkraft um 5 % angestrebt, wozu auch die KWK einen Beitrag liefern können.

#### Energie- und Umweltschutzpolitik

Durch Verbauungen, verschiedenste Nutzungen und die Gewässerverunreinigung sind natürliche Gewässer selten geworden. Die Dynamik der Gewässer (Geschiebetransport, Fliessgeschwindigkeit, Ufer- und Sohlenbeschaffenheit etc.) hat sich stark verändert, was dazu geführt hat, dass die Vielfalt der Lebensräume für

Tiere und Pflanzen abgenommen hat. In dieser Situation stellen KWK in vielen Fällen eine zusätzliche Belastung für die Gewässer dar, verstärken vorhandene negative Einflüsse auf das aquatische Oekosystem und führen zu zusätzlichen Beeinträchtigungen.

Zwischen der Energie- und Umweltschutzpolitik bestehen Berührungspunkte und Zielkonflikte. Die Konflikte werden bei der Diskussion um die ökologischen Auswirkungen des Betriebes von Wasserkraftanlagen manifest. Auf der anderen Seite stellt die Wasserkraftnutzung durch kleine Anlagen eine überschaubare Technologie zur Gewinnung einheimischer und erneuerbarer Energie dar.

Die Langlebigkeit der Anlagen, der ausgezeichnete Energie-Erntefaktor, die Problemlosigkeit der verwendeten Materialien und die Dezentralität der Energieproduktion sind weitere Vorteile, welche auf eine im Vergleich zu anderen Stromproduktionsanlagen gute Umweltbilanz hinweisen.

**Ob KWK ökologisch akzeptiert werden und überleben können, hängt demnach weitgehend damit zusammen, wie sie allfällig anstehende gewässerökologische Probleme bewältigen und den gesetzlichen Gewässer- und Fischschutzauflagen in wirtschaftlich tragbarer Weise Genüge tun können.**

Es wäre wünschenswert, wenn dabei die oft emotionsgeladene Diskussion "Energieerzeugung - Umweltschutz" auf einer rationalen Ebene stattfinden würde. Als Grundlagen solcher Diskussionen können wissenschaftliche Untersuchungen dienen, welche die möglichen und tatsächlichen Auswirkungen von KWK auf die Gewässerökologie, aber auch die diesbezüglichen Wissenslücken aufzeigen.

### **Zielsetzung der Situationsanalyse**

Dieser Bericht hat deshalb zum Ziel, die Eingriffe der KWK auf die Gewässer-Oekosysteme anhand von konkreten Untersuchungsergebnissen aus der Literatur zu analysieren. Die vorliegenden Kenntnisse sollen den Bauherren und Betreibern, ihren Planern und den Verantwortlichen des Vollzuges der Gesetzgebung helfen, situationsgerechte und wirtschaftlich tragbare Lösungen zu finden und das Bewilligungsverfahren erfolgreicher bestehen zu können.

Durch eine individuelle Betrachtung des Einzelfalles und eine frühzeitige Kontaktaufnahme mit verantwortlichen Amtsstellen sowie Natur- und Umweltschutzverbänden können allfällige Projektänderungen auf ein Minimum reduziert und Einsprachen vielleicht sogar verhindert werden.

Im Unterschied zu Grossprojekten, wo ökologische Bestandesaufnahmen, Variantenprojektierungen, Gutachten etc. sich einerseits prozentual weniger auf die Energiegestehungskosten niederschlagen, und wo andererseits durch umfassende, detaillierte Untersuchungen gefundene ökologisch-ökonomische Optima die Ausgaben rechtfertigen, ist bei KWK die Verhältnismässigkeit und Wirtschaftlichkeit der Planungsarbeiten eng im Auge zu behalten. Dies kann insbesondere durch pragmatische Lösungsansätze sowie durch eine gemeinsame Konsensfindung



geschehen und indem behördenseits Grundlagen erhoben und Beurteilungsinstrumente geschaffen werden (Gewässerkarten, Checklisten, Merkblätter).

### **Erstes Ziel**

Das erste Ziel der hier vorliegenden Situationsanalyse ist es, die wichtigsten Eigenschaften eines **natürlichen Fließgewässerökosystems** aufzuzeigen. Es geht dabei nicht um die Wiederherstellung eines Urzustandes, sondern es soll dargestellt werden, welche Funktionen sich in einem Fließgewässer abspielen bzw. erhalten werden müssen, um eine möglichst grosse Vielfalt an Lebensräumen für Lebewesen und Pflanzen zu gewährleisten.

Zudem wird aufgeführt, welche Ziele die Bundesgesetze über Natur- und Umweltschutz anstreben. Ein Vergleich dieser Ziele mit der heutigen Situation unserer Gewässer und dem Betrieb der KWK gibt Auskunft über allfällig auszuführende Massnahmen (Handlungsbedarf).

### **Zweites Ziel**

Das zweite Ziel dieses Berichtes besteht darin, aufzuzeigen, wo und wie das aquatische Oekosystem allenfalls **durch den Betrieb von KWK beeinflusst** wird. Dabei wird abgeklärt, in welchen Bereichen gesicherte wissenschaftliche Resultate vorliegen, und wo allenfalls nur Vermutungen angestellt werden können bzw. Wissenslücken vorhanden sind (Handlungsbedarf). Die wichtigsten Aussagen des heutigen Wissensstandes zu den verschiedenen Themenkreisen werden angeführt, gleichzeitig werden Lösungsansätze angegeben. Am Ende des jeweiligen Kapitels werden einige Angaben über die entsprechende Fachliteratur angeführt. Im Anhang befindet sich zudem eine ausführliche Literaturliste zu den verschiedenen Themen.

### **Drittes Ziel**

Das dritte Ziel dieser Situationsanalyse besteht darin, **Vorschläge für die Praxis** zu entwickeln. KWK sind in den meisten Fällen im Besitz von Elektrizitätsgesellschaften, Privatpersonen oder kleinen Firmen. Es ist deshalb verständlich, dass aus verschiedenen Gründen umweltbezogene Verbesserungen der Anlage nicht als erste Priorität eingestuft werden; meist stehen finanzielle Ueberlegungen im Vordergrund. Wir sind der Ansicht, dass diese Haltung oft auf Informationslücken beruht, und dass oft schon einfache, kostengünstige Sanierungsmassnahmen grosse Verbesserungen im aquatischen Oekosystem bewirken können.

## II. WAS IST EIN NATURNAHES FLIESSGEWÄSSER?

Ein naturnahes Fließgewässer wird u.a. vom Bundesgesetz über die Fischerei vom 21. Juni 1991 angestrebt, welches bezweckt, *die natürliche Artenvielfalt und den Bestand einheimischer Fische, Krebse und Fischnährtiere sowie deren Lebensräume zu erhalten, zu verbessern oder nach Möglichkeit wiederherzustellen* [Art. 1, 1a)].

Natürliche Fließgewässer bilden zusammen mit ihren Auen und Uferbereichen eine funktionale Einheit. Hochwasser und Trockenzeiten, Geschiebe- und Geschwemmseltrieb, Vereisung im Winter und Pflanzenwuchs im Sommer sind die wichtigsten Motoren ihrer vom Gewässer bestimmten Dynamik. Die hohen Stoff- und Energiedurchflüsse und die ständigen Auf- und Abbauvorgänge im Auen- und Gewässerbereich schaffen vielfältige, auf kleinstem Raum wechselnde Lebensbedingungen, so dass hier artenreiche, vitale und regenerationsfähige Lebensgemeinschaften existieren können.

Diese natürlichen Bäche und Flüsse schaffen sich ihr Flussbett selber, bilden je nach Gefälle, Geschiebe und Abfluss verschiedenste Morphologietypen (Erscheinungsformen) aus, natürliche Hochwasser überschwemmen die umliegenden Gebiete.

In solchen "natürlichen" Fließgewässern spielen sich verschiedenste Prozesse ab; sie werden von vielen Pflanzen und Tieren besiedelt:

### **gewässergestaltende Prozesse**

Hauptbedingung für die Ausprägung von Fließgewässerökosystemen ist die Kraft und der Einfluss des fließenden Wassers. In einem Gewässer werden natürlicherweise verschiedenste Materialien transportiert (Schwebstoffe, Geschiebe, gelöstes Material), was zu einem ständigen Wechselspiel von Erodion (Abtragung) und Sedimentation (Ablagerung) führt. Diese Vorgänge sowie verschiedene andere Prozesse (Hochwasser, Stoffhaushalt etc.) gestalten natürliche Gewässer und bewirken eine grosse Dynamik.

### **Pflanzen**

Die Pflanzen haben sich sehr unterschiedlich an das Leben im und am Wasser angepasst: Während einige typische Wasserpflanzen ganz untergetaucht leben können, besiedeln andere Kiesbänke, Flussufer oder das zeitweilig überschwemmte Umland. Um die ursprünglichen Flüsse lagen Gebiete mit riesigen Auwäldern, welche unzählige Tier- und Pflanzenarten beherbergten.

### **Wirbellose Tiere**

Denkt man an die Wirbellosen ("niedere Tiere", Fischnährtiere, sogenannte Makroinvertebraten) unserer Gewässer, so kommen einem vorderhand hauptsächlich Schnecken und Muscheln in den Sinn. Diese bilden aber nur einen kleinen Bestandteil dieser Benthosorganismen unserer Fließgewässer: Im Bachbett, oft unter den Steinen, findet man unzählige andere Tiere wie Flohkrebse, Asseln, Würmer und

Käfer, welche zeit ihres Lebens im Wasser leben. Daneben verbringen aber auch sehr viele andere Tiere einen grossen Teil ihres Lebens im Wasser, so viele Insektenlarven wie Eintags-, Stein- und Köcherfliegen.

### **Fische**

In der Schweiz kamen früher 54 Fischarten vor, die z.T. weit verbreitet waren und grosse Wanderungen unternahmen. Als Beispiel sei der Lachs genannt, der früher vom Meer den Rhein aufsteigend bis in den Brienzersee hinaufschwamm und in Flüssen wie der Aare, Emme, Reuss, Glatt, Thur, Töss, Saane etc. laichen konnte.

Viele dieser Fische sind nicht nur auf eine gute Wasserqualität angewiesen, sondern sie benötigen auch einen intakten Lebensraum und oft auch ungehinderte Wanderungsmöglichkeiten, um sich in den Oberläufen der Flüsse fortpflanzen zu können.

### III. WIE SEHEN DIE FLIESSGEWÄSSER HEUTE AUS?

Auch heute werden die Fliessgewässer vom Menschen genutzt, allerdings in einem ganz anderen Ausmass als früher, so dass heute in der Schweiz **kaum noch unbeeinflusste, unveränderte Fliessgewässer** vorkommen:

- Viele Bäche sind begradigt, eingedämmt und fliessen teilweise gar auf lückenlosen Betonsohlen. Auf diesen Strecken wurden die Fliessgeschwindigkeiten oft erhöht. Kleine Gewässer wurden v.a. aus wasserbaulichen Gründen verbaut: Vertreibung für den Sohlschutz, Kanalisierung zum Abführen der Hochwässer, Erosionsschutz der Ufer etc. Zum Zwecke der Landgewinnung wurden zudem viele dieser Gewässer eingedolt.
- Bei eingestauten Gewässern können Hochwässer wegen zu kleinen Fliessgeschwindigkeiten die Flussole nicht mehr von abgelagertem Feinmaterial befreien. Häufig wurde das Abflussverhalten eines Fliessgewässers durch den Menschen ganz grundsätzlich verändert.
- Es wurden zahlreiche Wehre errichtet, welche das Flusskontinuum unterbrechen, die Fliessgewässer teilweise kilometerweit aufstauen, darunter kaum mehr Wasser im Flussbett belassen und so den Lebensraum Fluss für seine Bewohner grundlegend verändern.
- Die Wasserqualität leidet unter dem Einleiten häuslicher und industrieller Abwässer sowie dem Einschwemmen von Dünger und Pestiziden aus der Landwirtschaft.

Obwohl die Verbesserung der Wasserqualität auch heute noch ein zentrales Thema darstellt, hat sich dieses Problem in den Fliessgewässern weitgehend entschärft. Eines der ökologischen Hauptprobleme unserer Bäche und Flüsse liegt heute sicher in ihrer Ausgestaltung, die noch sehr stark durch den **ingenieurtechnischen Wasserbau** geprägt wird. Diese Art des Wasserbaus gestaltet die Gewässer im Interesse der jeweiligen Nutzung meist ohne Rücksicht auf ökologische Belange um. Bei der Projektierung wird meist in erster Linie auf für den Abfluss günstige Profile geachtet, was zu ausgesprochen geometrischen Lösungen führt.

Dies hat u.a. folgende Auswirkungen auf die Prozesse und Lebensgemeinschaften der Fliessgewässer:

#### **gewässergestaltende Prozesse**

Durch die Eingriffe des Menschen hat sich die Fliessgewässerdynamik vielenorts grundsätzlich verändert. Als Beispiel sei die heute weit verbreitete Verfestigung (Kolmatierung) des Flussbettes angeführt: Durch die vielfach verringerte Strömungsgeschwindigkeit und fehlende Hochwasser findet kein Geschiebetrieb mehr statt. Auf der Flussole lagern sich vermehrt Feinstoffe ab, was in vielen Fällen schwerwiegende Auswirkungen auf das gesamte Oekosystem hat (verringerte Austauschprozesse mit dem Grundwasser, Rückgang von Lebensräumen und Laichstätten etc.).

## Pflanzen

Anstelle der Auwälder dehnen sich intensiv bewirtschaftete Felder bis an das Fließgewässer aus; die typischen Bäume und Sträucher der Bachufer wurden häufig durch einheitlichen Grasbewuchs oder gar Beton ersetzt. Durch diese fehlende Beschattung des Wassers können sich vermehrt Algen und höhere Wasserpflanzen entwickeln, welche das ganze Bachbett überwuchern und so gar den Abfluss behindern können. Andere, auf bestimmte Standortbedingungen angewiesene Pflanzen, gingen stark zurück oder sind im Aussterben begriffen.

## Wirbellose Tiere

Viele, hauptsächlich die empfindlichen Arten dieser sogenannten Benthosorganismen, sind stark zurückgegangen oder gar ausgestorben. Dies geschah einerseits durch die verschlechterte Wasserqualität, andererseits aber auch durch die grossen Veränderungen des Flussgrundes.

Konnten sich die Wirbellosen früher bis weit in den Grund zurückziehen, so ist heute die Bachsohle sehr oft kolmatiert (verfestigt, "verbacken"), so dass keine Zwischenräume zwischen den einzelnen Steinen mehr vorhanden sind und kaum mehr Sauerstoff in die Sohle vordringen kann. Dadurch verringert und verschlechtert sich der Lebensraum für sehr viele wirbellose Tierarten.

Sogenannte Allerweltsarten sowie Verschmutzungsanzeiger haben dagegen stark zugenommen und können in stark verbauten Standorten mit schlechter Wasserqualität ganze Massenansammlungen bilden.

## Fische

Von den einst 54 einheimischen Fischarten sind heute deren **7 bereits ausgestorben**, **5 sind vom Aussterben bedroht**, **8 sind stark gefährdet** und **8** werden als **gefährdet** klassiert. Zudem wurden **13 neue Arten** eingeführt, welche unsere einheimische Fischfauna konkurrieren und dadurch gefährden können.

Viele Arten können sich heute kaum noch auf natürliche Art fortpflanzen:

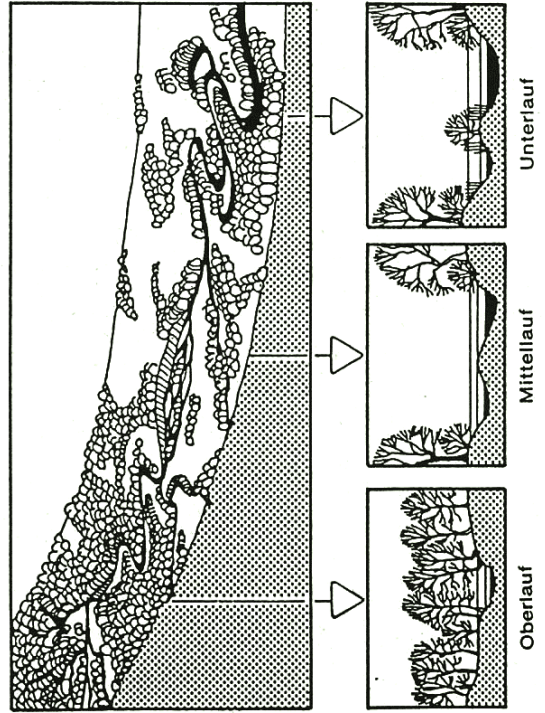
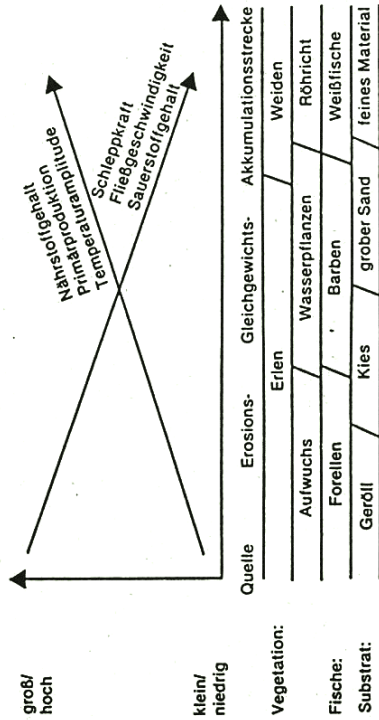
- Viele Flüsse weisen keine geeigneten Laichgebiete mehr auf (Ufervegetation, lockerer Kies für Kieslaicher wie die Forelle).
- Manche Fischarten wandern zum Ablachen in die Oberläufe der Flüsse. Dies wird aber häufig durch zahlreiche Schwellen und Wehre erschwert oder gar verunmöglicht.

Daneben finden Fische in kanalisiertem Läufe nur wenig Unterschlupfmöglichkeiten und werden dadurch leichte Beute für verschiedene Räuber.

**Abb. 1:** Schematische Darstellungen eines natürlichen bzw. naturfernen Fließgewässers (gemäss DVWK-Merkblatt, 1984).

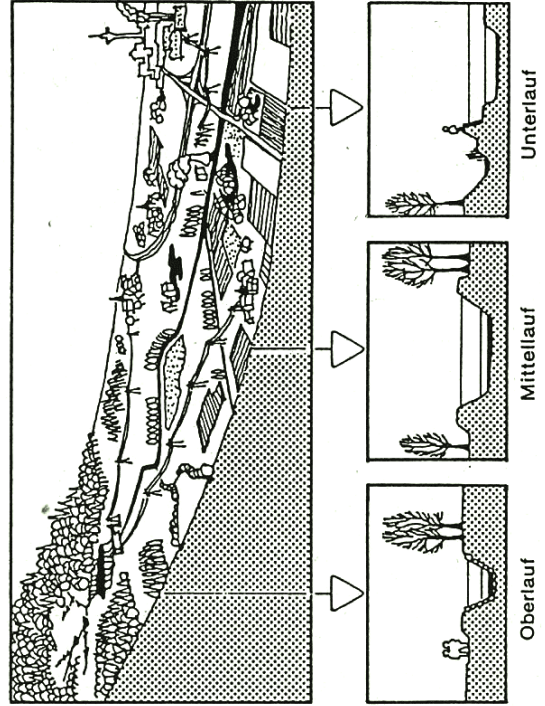
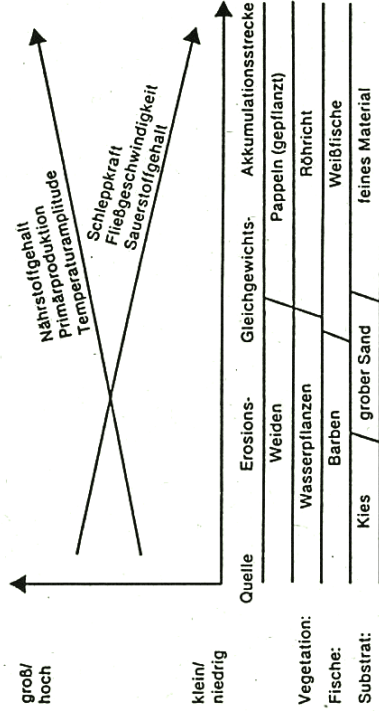
**Talsole wenig genutzt**

**Natürliches Fließgewässer**



**Talsole dicht genutzt**

**Naturfernes Fließgewässer**



**Tab. 1:** Natürliches und naturfernes Fließgewässer - vereinfachte Gegenüberstellung der ökologischen Verhältnisse (nach DVWK-Merkblatt 204, 1984).

NATÜRLICHES FLIESSGEWÄSSER	NATURFERNES FLIESSGEWÄSSER
Das Gewässer ist eine <b>durchgängige Einheit</b> , bei dem ein <b>ständiger Austausch</b> von Wasserorganismen von der Quelle bis zur Mündung und umgekehrt gewährleistet ist, unterbrochen nur durch natürliche Seen und Wasserfälle.	Das Gewässer gliedert sich häufig durch Stauanlagen und durch Sprünge in der Wasserqualität, die durch Einleitungen bedingt ist, in <b>Einzelabschnitte</b> auf, so dass ein durchgehender Austausch von Wasserorganismen weitgehend unterbunden ist.
Der Gehalt an Nährstoffen und die Temperaturamplitude zwischen Sommer und Winter nehmen von der Quelle bis zur Mündung zu, wobei im Oberlauf nur <b>geringe Werte</b> gemessen werden.	Der Gehalt an Nährstoffen und die Temperaturamplitude zwischen Sommer und Winter nehmen von der Quelle bis zur Mündung zu, wobei bereits im Oberlauf <b>höhere Werte</b> gemessen werden.
Das Gefälle und damit Fließgeschwindigkeit, Schleppkraft und Sauerstoffgehalt (bei Dunkelheit) verringern sich von der Quelle bis zur Mündung, wobei im Oberlauf <b>sehr hohe Werte</b> auftreten.	Das Gefälle und somit Fließgeschwindigkeit, Schleppkraft und Sauerstoffgehalt verringern sich von der Quelle bis zur Mündung, wobei häufig im Oberlauf schon <b>geringere Werte</b> auftreten.
Die Korngrößen des Sohlensubstrates nehmen von der Quelle bis zur Mündung ab. Im Oberlauf überwiegt die <b>Erosion</b> , im Unterlauf die <b>Sedimentation</b> .	Die Sohlensubstrate sind von der Quelle bis zur Mündung <b>wenig sortiert</b> . Bereits in aufgestauten oder/und eutrophierten Oberläufen wird Feinmaterial, z.B. Schlamm sedimentiert.
Der Oberlauf besitzt <b>viele unterschiedliche Lebensbereiche</b> auf kleinem Raum (Gumpen, Bereiche unterschiedlicher Strömungen). Für den Mittellauf sind grössere Stillwasserbereiche sowie Sand- und Kiesbänke typisch. Im Unterlauf findet man Altarme (mit ständiger Flussverbindung); Altwasser (nur bei Hochwasser mit dem Fluss verbunden) und periodisch wasserführende Bereiche.	Der Oberlauf besitzt durch die Sohlen- und Uferbefestigungen nur <b>einheitliche Lebensräume</b> . In Trapez- und gegliederten Profilen eines ausgebauten Mittellaufes bilden sich keine Stillwasserbereiche und keine inselartigen Sand- und Kiesbänke mehr. Im Unterlauf sind ehemalige Altarme, Altwasser und periodisch wasserführende Bereiche entweder verfüllt oder von periodischen Ueberflutungen durch Deiche abgeschnitten.
Das Gewässer wird von der Quelle bis zur Mündung von <b>Gehölzen</b> begleitet. Im Oberlauf herrschen grosse Erlen, im Unterlauf bei entsprechender Grösse Weiden vor.	Das Gewässer wird nur in <b>seltenen Fällen</b> von Gehölzen begleitet. Die Gehölze stehen dann ausserhalb des Abflussprofils, sind nicht gewässerspezifisch und haben nur noch geringen Einfluss auf Wasserorganismen.
Aufgrund der <b>starken Beschattung</b> dominieren im Oberlauf Aufwuchsalgen, im Mittellauf bei teilweiser Besonnung des überwiegend klaren Wassers submerse Wasserpflanzengesellschaften und im Unterlauf bei trübem Wasser und stabilen Bodenverhältnissen Röhrichte und Grossegegenbestände.	Bereits im Oberlauf dominieren <b>üppige Wasserpflanzenbestände</b> z.T. auch schon Röhrichte, die im Mittel- und Unterlauf in nitrophile Hochstauden- und Brennesselfluren übergehen.
Im Oberlauf dominieren die räuberisch lebenden Forellen und Aeschen ( <b>Salmoniden</b> ) in geringen Siedlungsdichten, während im Unterlauf <b>Friedfische</b> in grösseren Dichten typisch sind.	In diesem Gewässer leben vorwiegend Friedfische ( <b>Cypriniden</b> ) wie Barben, Brachsmen, Rotaugen, Rotfedern, Karpfen und Schleien. Einzelne Gewässerabschnitte können <b>biologisch verödet</b> sein.

#### IV. GESETZLICHE GRUNDLAGEN

Die hydro- und fischereibiologischen Belange werden hauptsächlich von den revidierten Bundesgesetzen über die Fischerei (21. Juni 1991) und über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz vom 24. Januar 1991) geregelt. Das neue Gewässerschutzgesetz bezweckt (Art. 1) *die Gewässer vor nachteiligen Einwirkungen zu schützen. Es dient insbesondere:*

- a. der Gesundheit von Menschen, Tieren und Pflanzen;*
- b. der Sicherstellung und haushälterischen Nutzung des Trink- und Brauchwassers;*
- c. der Erhaltung natürlicher Lebensräume für die einheimische Tier- und Pflanzenwelt;*
- d. der Erhaltung von Fischgewässern;*
- e. der Erhaltung der Gewässer als Landschaftselemente;*
- f. der landwirtschaftlichen Bewässerung;*
- g. der Benützung zur Erholung;*
- h. der Sicherung der natürlichen Funktion des Wasserkreislaufs.*

Durch die beiden Gesetze werden diverse Bereiche wie die Restwassermenge, die Verbauung und Korrektur von Fliessgewässern, die Spülung und Entleerung von Stauräumen, die Behandlung von Treibgut bei Stauanlagen etc. geregelt, wobei jedoch wiederum je nach Situation und nach Abwägung der **Gesamtinteressenlage** entschieden werden muss, wie diese Bereiche **konkret in die Praxis umgesetzt** werden müssen.

Der Vollzug dieser zwei revidierten Bundesgesetze wird es jedoch in Zukunft erlauben, den verschiedensten Bereichen des Gewässerschutzes vermehrt Rechnung zu tragen und dadurch unsere Gewässer wieder naturnaher zu gestalten.



## V. LITERATUR

Eine ausführliche Literaturliste bezüglich der verschiedenen hier behandelten Themenkreise ist wie erwähnt im Anhang zu finden. Im folgenden werden zudem am Ende jedes Kapitels einige Literaturangaben angeführt, die es dem Leser erlauben werden, sich anhand einiger weniger Publikationen über das betreffende Gebiet zu informieren.

In den Bereichen "Entwicklung der Wasserkraft in der Schweiz", "Fließgewässerökologie" und "Veränderungen unserer Fließgewässer durch den Menschen" sind viele Publikationen vorhanden, von denen an dieser Stelle drei herausgegriffen werden sollen:

**Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement, Bundesamt für Wasserwirtschaft (1987):** Kleinwasserkraftwerke in der Schweiz, Teil III.- Mitteilung Nr. 2, Bern, 145 Seiten.

Diese Studie geht einerseits auf die allgemeine Entwicklung der Wasserkraftnutzung in der Schweiz ein. Die natürlichen, technischen und rechtlichen Grundlagen werden erläutert sowie der Zusammenhang zwischen Wasserkraftnutzung und Elektrizitätswirtschaft aufgezeigt. Auf der anderen Seite liefert der Bericht jedoch hauptsächlich Grundlagen über den Stellenwert und die Bedeutung der Kleinwasserkraftwerke in der Schweiz. Dabei werden die Ergebnisse einer Bestandesaufnahme von KWK dargestellt und kommentiert. Im weiteren wird anhand von zwei Testgebieten versucht, konkrete Möglichkeiten zur Steigerung der Stromproduktion durch Um- und Neubauten aufzuzeigen.

Dieses gut verständliche Werk richtet sich sowohl an den Fachmann wie den interessierten Laien. Es ist in deutsch oder französisch bei der EDMZ Bern erhältlich.

**v. Känel, A. (1991):** Fließgewässer im Kanton Bern. Lebensräume und Oekologie bernischer Bäche und Flüsse.- Hrsg: Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern, Bern, 40 Seiten.

Diese anschauliche, reich bebilderte Dokumentation stellt verschiedenste Aspekte der bernischen Fließgewässer dar. Dabei wird grossen Wert darauf gelegt, dem Leser die Flora und Fauna der Bäche und Flüsse näherzubringen. Anhand von Photos und Karten wird zudem dargestellt, wie sich verschiedene Abschnitte durch den Eingriff des Menschen verändert haben. Es werden negative Beispiele wie auch positive Massnahmen dargestellt.

**Pedroli, J.-C., Zaugg, B. & Kirchhofer, A. (1991):** Verbreitungsatlas der Fische und Rundmäuler der Schweiz.- CSCF, Neuchâtel, 207 Seiten.

In diesem Atlas werden die Resultate von mehrjährigen Befragungen und Abfischungen in allen Regionen unseres Landes zusammengefasst und interpretiert. Er zeigt auf, welche Fischarten in der Schweiz früher vorgekommen sind und weshalb sie ausgestorben sind. Daneben wird auf die Verbreitung, die Biologie und die Gefährdung der heute vorkommenden Fischarten eingegangen. Es wird dargestellt, wie unsere Gewässer saniert werden müssten, um den verschiedensten Arten einen geeigneten Lebensraum bieten zu können. Der Atlas wird durch einen Bestimmungsschlüssel sowie Farbphotos der verschiedenen Fischarten ergänzt. Dieses Buch ist zweisprachig erschienen (deutsch/französisch).

## KAPITEL II - SPEZIFISCHER TEIL: KLEINWASSER-KRAFTWERKE - PROBLEME UND LÖSUNGSANSÄTZE

### I. GROSSRÄUMIGE ÖKOLOGISCHE AUSWIRKUNGEN

Die Frage nach den grossräumigen ökologischen Auswirkungen, die ein KWK bei einem Fließgewässer bewirkt, ist nicht einfach zu beantworten. Dennoch wird an dieser Stelle versucht, einige Anhaltspunkte über derartige Mechanismen anzuführen. Diese betreffen ausschliesslich das Flusskontinuum, denn eine **Unterbrechung dieses Kontinuums** gilt als eine der **wichtigsten Beeinträchtigungen des aquatischen Oekosystems**. Wird beispielsweise das Flusskontinuum an der Mündung eines Flusses durch ein unüberwindbares Hindernis unterbrochen, hat dies zu Folge, dass verschiedene Fischarten nicht vom See in den Fluss aufsteigen können. Verschiedene dieser Arten sind jedoch darauf angewiesen, für ihre Fortpflanzung in ein Fließgewässer aufzusteigen (z.B. die Seeforelle). Wird diese Wanderung unterbunden, hat dies einerseits Folgen für das Fließgewässer selber (geringes Artenspektrum), aber auch für den ganzen See, die Bestände dieser Fischarten und nicht zuletzt auch für den Menschen (Fischerei). **Scheinbar geringe derartige Beeinträchtigungen** können somit sehr **grossräumige und schwerwiegende Auswirkungen** haben.

Massgebend für eine Beurteilung ist die Frage, welche Bedingungen erfüllt sein müssen, damit ein Gewässer seine verschiedenen Funktionen ausüben kann und geeigneten Lebensraum für Tiere und Pflanzen bietet. Folgende Frage sollte demzufolge gestellt werden: **Wie würde ein Fließgewässer ohne Beeinträchtigungen aussehen oder - noch wichtiger - funktionieren?** Im Rahmen des Möglichen sollten daher Massnahmen in Richtung des ursprünglichen Naturzustandes untersucht werden.

Bei diesem Schritt muss man klar eine einseitige Betrachtung des Ist-Zustandes verwerfen, denn solche Ueberlegungen würden zu folgender Aussage führen: "Das Gewässer ist schon stark beeinträchtigt - Massnahmen für den Gewässerschutz sind deshalb überflüssig!"

Sechs Aspekte seien kurz erwähnt:

- 1) **Wäre im unbeeinflussten Zustand der Gewässers die Fließgeschwindigkeit genügend hoch, damit ein Geschiebetransport von Grobmaterial stattfindet?**

Freifliessende Gewässerstrecken zeigen eine regelmässige Erneuerung der Gewässersohle; damit werden die natürlich ablaufenden biologischen Prozesse gewährleistet. Ein einziger Stau kann unter Umständen diesen für die Natur wertvollen Vorgang fast völlig zum Verschwinden bringen.

**2) Ueber welche Distanz erstreckt sich das natürliche Flusskontinuum unterhalb des KWK?**

Ausgedehnte hindernislose Fliessstrecken sind ökologisch äusserst wichtig. Sie ermöglichen u.a. das Ueberleben von Tierarten, die auf Wanderungen angewiesen sind. Natürliche - und künstliche - Hindernisse schränken das Vorkommen solcher Arten stark ein.

**3) Könnte das Fliessgewässer einen Lebensraum für seltene oder wenig verbreitete Arten bilden? Sind diese Arten dort früher vorgekommen? Treten sie auch heute noch auf?**

Auch unter natürlichen Bedingungen sind nicht alle Arten gleichmässig und in gleichem Umfang verbreitet. Grosse Beachtung muss Fliessgewässern geschenkt werden, welche Arten beherbergen, die natürlicherweise selten auftreten oder ein kleines Verbreitungsgebiet aufweisen.

**4) Sonderfall Schwallbetrieb - weshalb kann Schwallbetrieb schädlich sein?**

Durch den Schwallbetrieb eines Kraftwerkes kommt es innert kurzer Zeit zu einer starken Zunahme bzw. Abnahme der Wasserführung. Ueber die Auswirkungen dieser unnatürlichen Wasserführungen ist heute nur sehr wenig bekannt. Während damit gerechnet werden muss, dass grosse Wasserkraftwerke mit Schwallbetrieb das darunterliegende Oekosystem sehr stark beeinträchtigen, sind diese Auswirkungen bei KWK wahrscheinlich meist von eher lokaler Natur und werden deshalb in Teil II behandelt.

**5) Bietet das KWK mit seinen Wasserbauten einen ökologischen Ausgleich?**

KWK können mit naturnahen grossen Weihern und langen Kanälen für verschiedene Arten einen Ersatzlebensraum bilden. Manche dieser Anlagen dienen als Naturschutzobjekte und beliebte Erholungsräume. Zudem kann sich die Reinigungswirkung der Rechenanlage für das Gewässer positiv auswirken: Ohne die Rechenanlagen würde mehr Zivilisationsmüll in den Ufergehölzen hängenbleiben und an den Uferbänken abgelagert werden.

**6) Kumulative Wirkungen der Kleinwasserkraftwerke**

Mehrere am gleichen Gewässer gebaute KWK können eine kumulative Beeinträchtigung bewirken, welche die Funktionen des Gewässers nachhaltig stört.

## **II. LOKALE ÖKOLOGISCHE AUSWIRKUNGEN**

Lokale Auswirkungen lassen sich einfacher definieren, da sie sich auf die unmittelbare Gegend bis einige Kilometer oberhalb und unterhalb von KWK beschränken. Die schematischen Abb. 2a) und b) zeigen die verschiedenen Bereiche auf, in denen Beeinträchtigungen - aber auch Verbesserungen gegenüber einem verbauten Zustand der genutzten Gewässer - möglich sind.

Abb. 2 a): Grundsätzlich mögliche Beeinträchtigungen des aquatischen Ökosystems durch den Betrieb eines KWK.

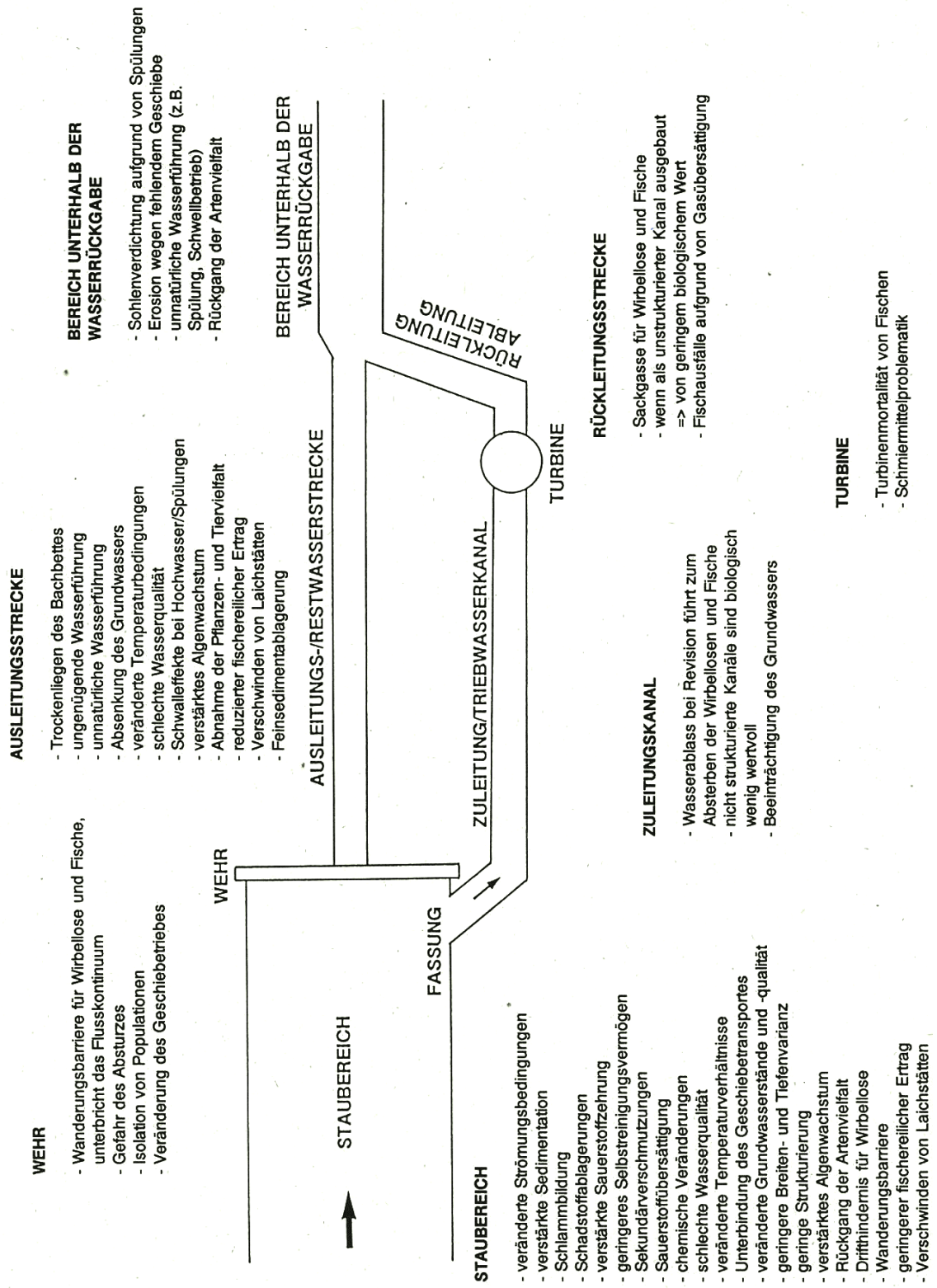
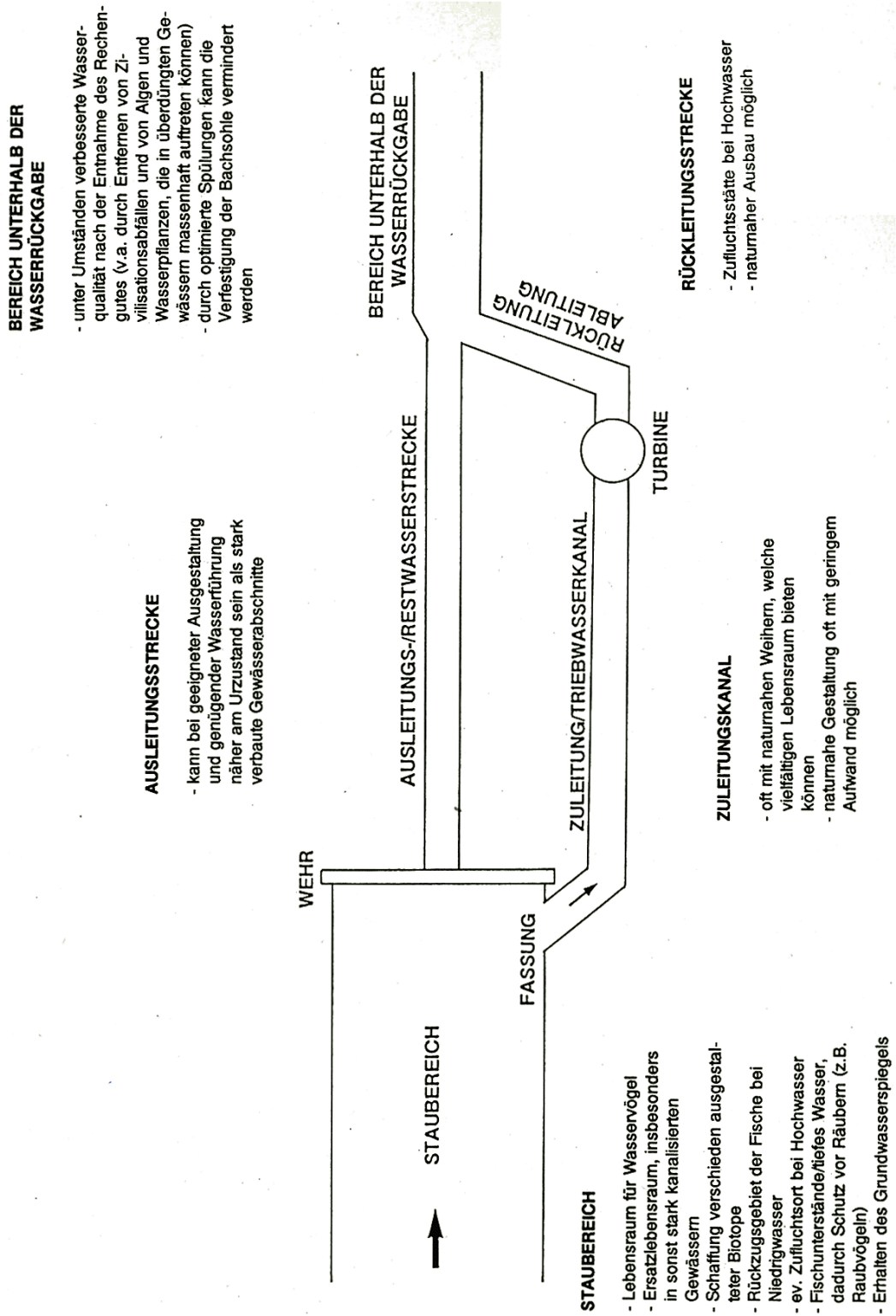


Abb. 2b): Mögliche positive Beeinflussung des aquatischen Ökosystems durch den Betrieb eines KWK.



## 1. AUFSTIEGSHILFEN - UMGEHUNGSGERINNE

### 1.1 Unterbruch der Fischwanderung durch natürliche Hindernisse, Schwellen, Wehre und Staumauern

Einige Fischarten führen grosse Wanderungen durch. Besonders bekannt sind Langdistanzwanderer wie Lachse, Maifische und Aale, die einen Teil ihres Lebens im Meer, den anderen im Süsswasser verbringen.

Daneben gibt es aber auch viele Süsswasserfische, die zwar weniger grosse Strecken zurücklegen, jedoch auch Wanderungen unternehmen, meist im Zusammenhang mit ihrer Fortpflanzung (Barben, Nasen, Alet, Forellen etc.).

Andere Süsswasserfische sind als "Standfische" bekannt. Man weiss jedoch, dass auch diese Fische nicht ständig am selben Ort verbleiben, sondern sich sowohl flussaufwärts wie -abwärts fortbewegen.

Natürliche Hindernisse wie hohe Abstürze, Seen etc. können diese Wanderungen unterbinden. So kam z.B. der Lachs früher nie oberhalb der Rheinfälle vor. Solche natürliche Barrieren schränken das natürliche Verbreitungsgebiet einer Art ein.

Durch den harten Wasserbau wurde die Wanderung der Fische jedoch verstärkt behindert oder gar unterbrochen. Insbesondere kleinere Fischarten (z.B. Groppen) können schon kleine Hindernisse wie Schwellen nicht mehr überwinden.

Mit dem Aufkommen der Nutzung der Wasserkraft wurden zudem häufig hohe Wehre und Staumauern erstellt, welche den Fluss für alle Fischarten undurchgängig machten. Dieses Problem wurde schon früh erkannt, weil sich unterhalb von Stauwehren oft sehr viele Fische ansammelten, die nicht mehr in ihre angestammten Laichgebiete aufsteigen konnten.

Eine solche Unterbrechung der Fischwanderung kann folgende Auswirkungen haben:

- Verschiedene Arten können sich nur noch in verringertem Ausmass oder gar nicht mehr fortpflanzen. 7 unserer einheimischen 8 Langdistanzwanderfischarten sind denn heute auch ausgestorben. In der Roten Liste der Rundmäuler und Fische der Schweiz werden **fast alle Wanderarten als gefährdet** eingestuft.
- Die Bereiche oberhalb des Hindernisses **verarmen**, ihre Artenvielfalt geht zurück.
- Es kommt zu einer **Isolation** der verschiedenen Fischpopulationen.
- Durch Hochwasser oder Verschmutzungen verarmte Regionen können **weniger schnell wiederbesiedelt** werden.

### 1.2 Fischtreppe

Um diesen Problemen entgegenzuwirken, begann man, sogenannte **Fischaufstiegshilfen** (Beckenpässe, Denil-Pässe, Vertical-Slot-Fischpässe, Fischlifte, Fischschleusen etc.), meist in Form von Fischtreppen, zu entwickeln. Der Zweck einer solchen Anlage ist es, den Fischen zu erlauben, trotz eines Hindernisses ins Oberwasser aufsteigen zu können. Da solche Fischtreppen oft nicht sehr ästhetisch sind und keine optimale Wirkung aufweisen, geht man heute vermehrt dazu über, sie durch sogenannte Umgehungsgerinne zu ersetzen.

Es muss jedoch an dieser Stelle erwähnt werden, dass auch die bestkonzipierte Aufstiegshilfe in keinem Fall die freie Migration der Flussbewohner ersetzen kann.

**Tab. 2:** Masse für Beckenpass konventioneller Bauart (nach JENS, 1971).

Parameter	Gewässer mit gemischtem Fischbestand	Forellengewässer
Mindestwassertiefe im Einzelbecken	0.80 m	0.60 m
Beckenlänge (licht)	mind. 2 m	mind. 0.80 m
Beckenbreite (licht)	mind. 0.80 m	mind. 0.60 m
Gefälle (Sprunghöhe) von Becken zu Becken	0.12 bis 0.14 m	max. 0.30 m
Höhe der Wange über Wasserspiegel der Becken	mind. 0.30 m	mind. 0.30 m
Kronenausschnitt Höhe/Breite	0.25/0.20 bis 0.30/0.25 m	mind. 0.20/0.20 m
Schlupfloch Höhe/Breite	0.20/0.20 bis 0.30/0.25 m	kein Schlupfloch notwendig

Eine Fischtreppe ist ein vom Unter- ins Oberwasser führender Kanal, welcher von Zwischenwänden unterbrochen wird, die ihn dadurch in verschiedene Becken unterteilen ("Beckenpass"). Meist werden folgende Typen von Querwänden eingebaut:

- **Ueberströmbecken:** Die einzelnen Wände werden vom Wasser überströmt und bilden so eine Art Wasserfall, den der Fisch überwinden muss.
- Querwände mit **Schlupflöchern** (Öffnungen an der Unterseite) und/oder **Kronenausschnitten** (Öffnungen in der Oberkante). Der Fisch kann dadurch sowohl springender- wie auch schwimmenderweise von einem Becken ins nächste gelangen. Dadurch können auch kleinere, weniger sprungfähige Fische aufsteigen. Diese Art von Fischtreppe wird in der Schweiz am häufigsten errichtet.

Bevor eine Fischtreppe gebaut werden kann, müssen die hydrologischen und fischereibiologischen Verhältnisse abgeklärt werden. Dementsprechend wird der Fischpass dimensioniert und angeordnet.

Es ist jedoch nicht damit getan, einen Fischpass richtig zu gestalten. Zusätzlich müssen mehrere Punkte berücksichtigt und verschiedene Fragen beantwortet werden:

**Wassermenge im Fischpass:** Prinzipiell ist ein Fischpass desto effizienter, je mehr Wasser durch den Fischpass läuft. Diese Wassermenge kann jedoch nicht zur Energieproduktion genutzt werden. Deshalb wird meist vorgeschlagen, dass **1 bis 5 %** der während der Wanderungsperioden vorhandenen **Abflussmenge** durch den Fischpass geleitet werden sollten. Ein Fischpass muss v.a. dann voll funktionieren, wenn die im Gewässer vorkommenden Fischarten wandern, insbesondere während deren Laichwanderung. Es ist jedoch umstritten, ob und wann solche Anlagen zeitweilig abgestellt werden dürfen. Gerade bei kleinen Gewässern sind diesbezüglich noch viele Wissenslücken vorhanden. Es ist zudem aufwendig, für KWK grössere Untersuchungen durchzuführen.

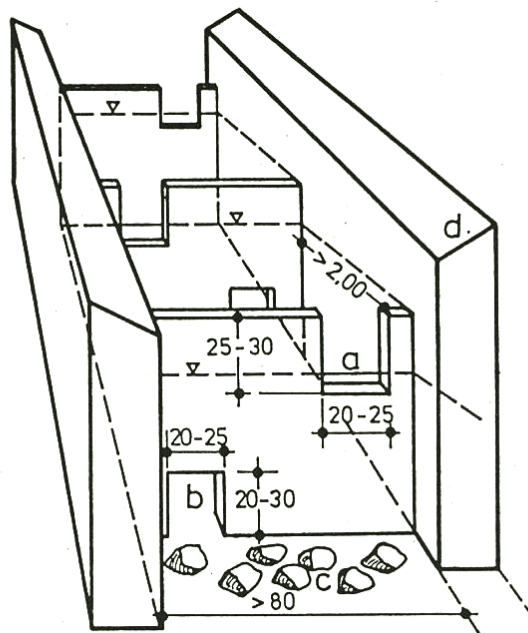
Bei Kleinstwasserkraftwerken kann das von der Fischtreppe benötigte Wasser (z.B. bei Durchlaufanlagen an kleinen Bächen) die Energieproduktion um einen hohen Prozentsatz verringern (z.B. bei Gewässern mit einer mittleren Wasserführung der Grössenordnung unter 50 l/s). Hier gilt es, mit gut durchdachten Konzepten für die Einzelsituation befriedigende Individuallösungen zu finden.

**Lokalisation und Lockströmung:** Das Hauptproblem bei Fischpässen besteht darin, dass die Fische überhaupt den Eingang finden. Sobald die Tiere einmal im Fischpass drin sind, ist der Aufstieg meist kein grosses Problem mehr. Es muss deshalb sorgfältig darauf geachtet werden, dass der Eingang an der günstigsten Stelle angelegt wird. Im konkreten Fall sind die meisten Ueberlegungen zur Lokalisierung des Einganges "empirisch". Die Fische werden in Bereiche gelockt, wo eine starke Strömung herrscht, und wo der Fischpasseingang angelegt werden sollte. Es ist beispielsweise vorteilhaft, den Eingang dort anbringen, wo die Strömungen des Turbinenauslaufes beginnen. Oft kann durch zusätzliches Lockwasser die Attraktivität eines Fischpasses vergrössert werden.

**Darf ein Fischpass "eingedolt" werden ?** Es ist prinzipiell nicht vorteilhaft, einen Fischpass zuzudecken, auch wenn die meisten Fische ihre Wanderungen nachts unternehmen. Falls eine Ueberdeckung eines Teils des Fischpasses nicht umgangen werden kann, muss darauf geachtet werden, dass der Uebergang zwischen dem Tageslicht und der Dunkelheit nicht zu brüsk erfolgt. Wenn ein solcher Uebergang gut gestaltet wird, ist aber eine künstliche Beleuchtung des Fischpasses meist nicht notwendig.

**Unterhalt:** Es sind leider Fischpässe zu beobachten, welche mangels Unterhalt nicht funktionieren können. Oft sind sie verstopft, so dass die Fische keine Durchgänge mehr finden. Fischpassanlagen müssen demgemäss auch nach ihrem Bau regelmässig unterhalten werden (Entfernen von Schwemmaterial, Reparatur etwaiger Beschädigungen).





**Abb. 3:** Fischtreppe nach JENS (1971) und LANGE & LECHTER (1989).  
 a Kronenausschnitt  
 b Schlupfloch  
 c Steine als Rauheitselemente  
 d Abschrägung, damit fehlspringende Fische nicht liegenbleiben

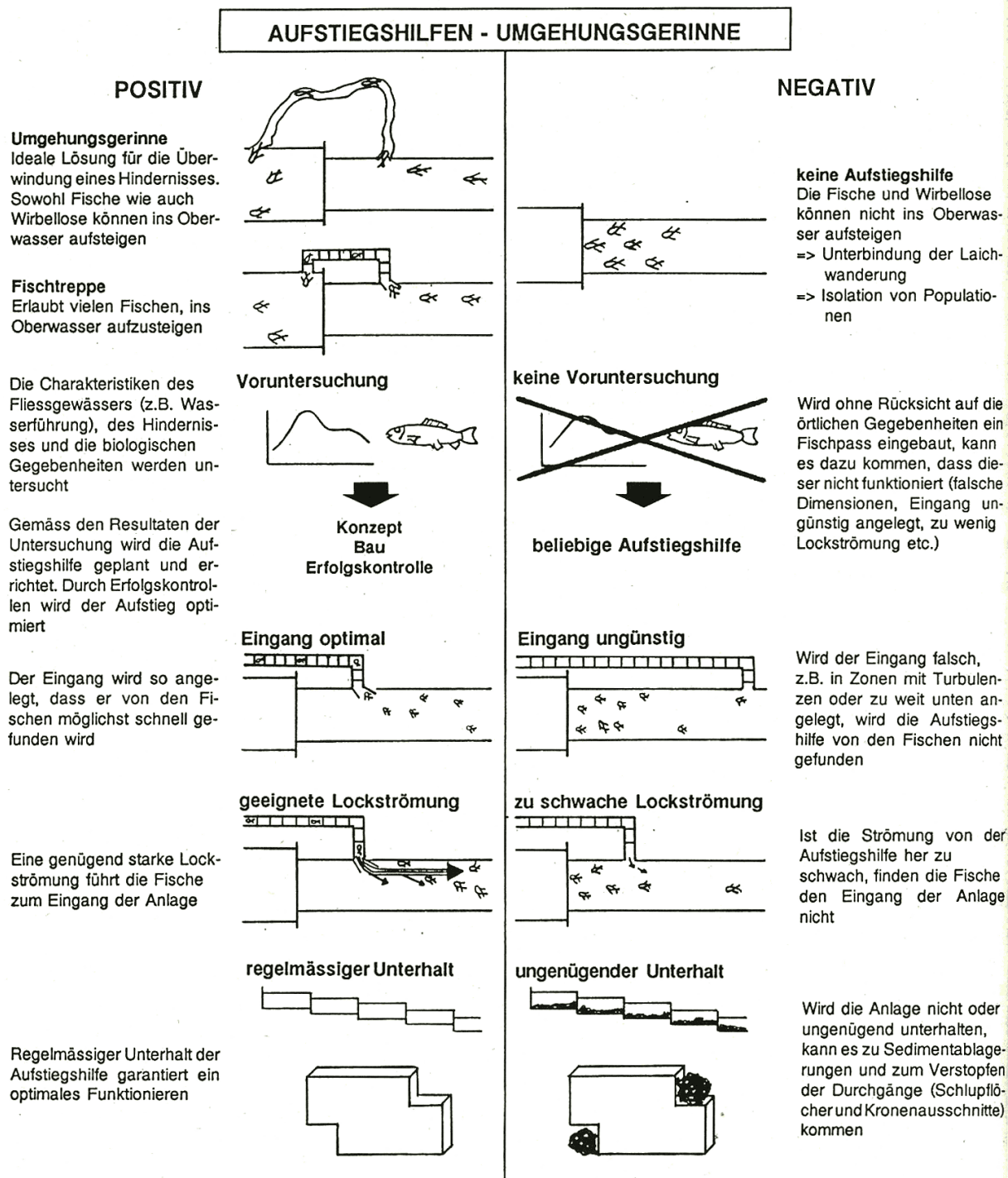
**Erfolgskontrollen:** Auch das beste Konzept kann nicht garantieren, dass eine Fischtreppe in der Natur optimal funktioniert. Nach der Inbetriebnahme eines Fischpasses müssen deshalb in jedem Fall Erfolgskontrollen durchgeführt werden. Zu diesem Zweck kann eine Reuse in eines der Becken versenkt werden, mit der die aufsteigenden Fische erfasst werden können. Diese Resultate sollten durch einen Fischereisachverständigen ausgewertet werden. Dadurch kann eine Anlage auch nachträglich noch verbessert werden.

### 1.3 Umgehungsgerinne

Neben den meist aus Beton gefertigten Fischpässen gibt es eine naturnähere Lösung für den Aufstieg der Fische ins Oberwasser, sogenannte **Umgehungsgerinne**. Solche Anlagen führen die Fische ebenfalls vom Unter- ins Oberwasser, jedoch in einem **Fliessgewässer**, welches **natürlich ausgestaltet** werden kann. Diese Lösung bietet folgende Vor- bzw. Nachteile:

- Für die Lebewesen von Bächen und Flüssen stellt ein Umgebungsgewässer eine gute Lösung dar, da es sehr naturnah gestaltet werden kann. Es enthält zwar weniger Wasser als das Hauptgewässer, kann jedoch bei optimaler Ausgestaltung ähnliche Habitate bieten und so nicht nur grösseren Tieren, sondern auch Kleinfischen und wirbellosen Tieren Lebensraum bieten und den Aufstieg ermöglichen.

Abb. 4: Positive und negative Beispiele von Aufstiegshilfen.



- Ihr Nachteil ist nicht von ökologischer Natur: Die Höhendifferenz kann weniger schnell überwunden werden als mit Hilfe einer Fischtreppe, so dass solche Gewässer entsprechend mehr Platz benötigen. Für ihre Realisation bedeutet dies oft, dass Land dazugekauft werden muss, was nicht immer möglich ist.

Aus landschaftlicher wie auch gewässerökologischer Sicht ist das Anlegen eines Umgehungsgewässers dem Bau von Fischtreppen vorzuziehen.

#### 1.4 Aufstiegshilfen für Fische - und die übrigen Flussbewohner?

Bisher wurde ausschliesslich von "Fisch"-Aufstiegshilfen gesprochen, obwohl die Fische nur einen Teil der im Wasser lebenden Organismen ausmachen. Man ist sich jedoch gerade in letzter Zeit bewusst geworden, dass vermehrt dem **gesamten Oekosystem** Rechnung getragen werden sollte. Es sollten deshalb auch ökonomisch weniger wertvolle Tierarten gefördert werden, denn ohne sie kann ein Fliessgewässer schlecht funktionieren.

Man weiss heute, dass sich viele der **wirbellosen Tiere** mit der Strömung verdriften lassen und anschliessend ebenfalls wieder **flussaufwärts wandern**, um so geeignete Lebensräume zu besiedeln. Schwellen und Wehre stellen deshalb auch für diese kleinen Tiere Wanderungshindernisse dar. Während man annehmen kann, dass sie Umgehungsgerinne besiedeln und durchwandern können, ist nichts darüber bekannt, wie sie sich in den meist aus Beton gebauten Fischtreppen verhalten.

Wie eine relativ reichhaltige Literatur zeigt, sind Drift und Aufwärtswanderung in **gesetzmässiger Weise** in den **Entwicklungsablauf der Wirbellosen** eines Fliessgewässers **integriert**. Diesbezügliche Verhaltensmuster und Milieuanprüche stellen daher **"ökologische Sachzwänge"** dar und sollten in die wasserwirtschaftlichen Planungen miteinbezogen werden.

Im Rahmen des DIANE-Programmes wird eine Untersuchung bezüglich der Barrierewirkung von Schwellen und Wehren für die Wirbellosen der Gewässer durchgeführt. Zudem wird ein Leitfaden für den kostengünstigen Bau von funktionierenden Aufstiegshilfen für Fische und Kleinlebewesen erstellt.

#### 1.5 Situation in der Schweiz

Das Bundesgesetz über die Fischerei schreibt vor, dass bei Neuanlagen bzw. Kraftwerken, die erweitert, wieder instandgestellt werden oder bei denen eine Konzessionserneuerung ansteht, alle Massnahmen ergriffen werden müssen, um die freie Fischwanderung sicherzustellen. Dies bedeutet, dass auch Kleinwasserkraftwerke, welche bisher über keine Aufstiegshilfen verfügt haben, bei ihrer Instandstellung einen Fischpass bzw. ein Umgehungsgerinne einbauen müssen.

Obwohl das Erstellen von Aufstiegshilfen gesetzlich geregelt ist, fällt auf, dass heute wenig über deren Anzahl und v.a. über deren **Funktionieren** bekannt ist. Während bei grossen Anlagen (z.B. Rhein, Aare) Fischpasszählungen durchgeführt und ausgewertet worden sind, bestehen bei den **Kleinwasserkraftwerken diesbezüglich grosse Lücken**:

- In vielen Kantonen ist nicht bekannt, wieviele Aufstiegshilfen auf ihrem Gebiet vorhanden sind.

- Begehungen, Umfragen und Gespräche mit Kraftwerksbesitzern und Vertretern der Fischerei haben gezeigt, dass man auch bei neu erstellten Fischpässen bzw. Umgehungsgerinnen meistens nicht weiss, ob diese ihre Funktion tatsächlich erfüllen können.  
Bei einigen Anlagen ist gar offensichtlich, dass sie überhaupt nicht funktionieren können (völlig verstopft, falsch angelegt, kaum durchströmt etc.).

Diese Situation ist somit heute sowohl für die **Kraftwerksbesitzer** wie auch die **Vertreter der Fischerei unbefriedigend**. Aufstiegshilfen sollten zwar erstellt werden, sie dürfen jedoch nicht als "Alibiübung" gelten. Es muss überprüft werden, ob sie auch tatsächlich funktionieren, ansonsten genügen oft geringfügige Anpassungen, um dieser Anforderung gerecht zu werden.

Bei jeder Anlage sollten diesbezüglich folgende Ueberlegungen miteinbezogen werden:

- **Nutzt ein Wasserkraftwerk einen natürlichen Absturz? In diesem Fall wird die Fischwanderung bereits auf natürliche Art unterbunden.**

Als Beispiel sei das KWK Guggenloch (bei Lütisburg, SG) angeführt: Es wird geplant, das dortige, seit hundert Jahren bestehende Wasserrecht wieder zu nutzen. Der Gonzenbach bildet natürlicherweise einen Weiher mit nachfolgendem Absturz; die Fischwanderung wird dadurch seit jeher unterbunden. In einem solchen Falle ist es **überflüssig**, eine Fischaufstiegshilfe zu erbauen.

- **Befindet sich ein Kraftwerk in unmittelbarer Umgebung eines natürlichen Hindernisses, das von Fischen nicht überwunden werden kann?**

Dies trifft z.B. beim KWK der Elektra Kirchberg (SG) zu: Unterhalb der Anlage fällt der Hörachbach über einen hohen Absturz; eine Aufstiegshilfe hat in einem solchen Fall nur **geringe Priorität**.

- **Befindet sich das KWK in Nähe einer Mündung in einen See? Dient das Gewässer als wichtiges Laichgewässer?**

In diesen Fällen ist sowohl dem Bau wie auch dem Funktionieren der Anlage **grosse Wichtigkeit** zuzumessen. Aber auch in allen übrigen Fällen muss sichergestellt werden, dass die gesetzlich geforderte Fischwanderung stattfinden kann.

- **Funktioniert die vorhandene Anlage?**

Obwohl heute viele theoretische Unterlagen über die Planung solcher Bauwerke vorhanden sind, ist ein Funktionieren a priori nie garantiert, da jede Anlage den örtlichen Verhältnissen angepasst werden muss. Es ist deshalb unvermeidlich, dies zu **überprüfen**. Dies kann durch Fischpasszählungen (Reusen) geschehen,

wie dies beispielweise bei gewissen Beckenpässen im Kanton Graubünden und beim Kraftwerk Le Chalet (Orbe, VD) durchgeführt wurde. Diese Kontrolle ist zwar relativ arbeitsintensiv, wird jedoch teilweise gerne von örtlichen Fischereiinteressierten übernommen.

Auf der anderen Seite können auch indirekte Beobachtungen das Funktionieren bestätigen, wie dies in der Langete (BE) der Fall ist: Es wurden Aeschenbrütlinge und -sömmerlinge eingesetzt (Aeschen waren dort vorher nicht mehr vorhanden); später wurden diese Fische anlässlich von Elektroabfischungen 3.8 km oberhalb des Aussetzortes registriert. Daraus konnte geschlossen werden, dass selbst diese Fische relativ kleiner Körperlängen insgesamt 5 Hindernisse (ausgestattet mit 3 Beckenpässen und einem Rauhgerinne; Schwelle ohne Aufstiegshilfe) passiert hatten. Aus diesen Resultaten konnte ohne grossen Aufwand geschlossen werden, dass die verschiedenen Anlagen zwischen Madiswil und Rohrbach ihre Funktion erfüllen.

Aus diesen Ausführungen geht hervor, dass die Durchwanderbarkeit je nach Situation keine, eine untergeordnete oder aber - in vielen Fällen - eine sehr wichtige Rolle spielen kann. Wird jedoch vorgeschrieben, dass eine Aufstiegshilfe gebaut werden muss, muss unserer Ansicht nach **zwingend überprüft** werden, ob diese auch tatsächlich **funktioniert**.

## 1.6 Literatur

**Jens, G. (1982):** Der Bau von Fischwegen.- Verlag P. Parey, 93 Seiten.

Praxisbezogene Zusammenfassung der Theorie mit Planungshilfen für Fischtreppe und andere Aufstiegshilfen.

**Vischer, D. (1991):** Sind Fischtreppe noch aktuell? Ist ihre Entwicklung abgeschlossen? - Wasser, Energie, Luft, Heft 5/6: S. 168-172.

**Zaugg, C. & Pedroli, J.-C. (1991):** Konzeption und Bau von Fischaufstiegshilfen.- Baublatt, Nr. 25, S. 2-5.

Zwei Artikel, welche einen kurzen Ueberblick über gängige Fischaufstiegshilfen, ihre Wirksamkeit, Unterhalt und Probleme geben. Illustriert mit Skizzen, Plänen und Photos. Auch für den Laien verständlich.

**WEA (1993):** Leitfaden für den Bau von Fischwegen.- Bern, 41 Seiten.

Konkreter Leitfaden, der sich an Besitzer von Wasserwerken, deren Ingenieure und Planer, an Wasserbauer und Fischereiaufseher richtet. Anhand der vorhandenen Literatur sowie der gemachten Erfahrungen werden konkrete Ratschläge für die Planung, Platzierung, Linienführung und die Konstruktionsmöglichkeiten von Fischwegen angeführt. Illustriert mit Lösungsbeispielen.

**Larinier, M. (1977):** Les passes à poissons.- Etude n° 16 du centre technique du génie rural des eaux et des forêts, Paris, 136 Seiten.

**Gosset, C., Larinier, M., Porcher, J.P. & Travade, F. (1994):** Passes à poissons. Expertise/conception des ouvrages de franchissement.- Conseil supérieur de la pêche, Paris.

Detaillierte Studien über verschiedenste Fischaufstiegshilfen, deren Planung, Funktionieren, Ausführung etc., illustriert mit Skizzen und Plänen und guter Photodokumentation. Richtet sich eher an Spezialisten. In französischer Sprache.

**DVWK (1996):** Fischaufstiegsanlagen: Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle.- Merkblätter zur Wasserwirtschaft Nr. 232.

Umfassende Darstellung der ökologischen Grundlagen, der Anforderungen an Fischaufstiegshilfen, der Funktionskontrolle sowie Beschreibung naturnaher und technischer Anlagen. Reich illustriert anhand von Schemen, Plänen, Farbphotos und Berechnungsbeispielen von realisierten Anlagen. Richtet sich sowohl an Fachleute wie auch an interessierte Laien.

## **2. ABWANDERUNGSPROBLEMATIK - TURBINENMORTALITÄT**

### **2.1 Problematik**

Fische müssen in einem Fließgewässer nicht nur bergwärts wandern können, sondern auch ihre Abwanderung muss gesichert werden. Bei der Abwanderung können drei verschiedene Typen von Tiergruppen unterschieden werden:

- Fische, die zum Ablaichen in die Oberläufe der Fließgewässer emporsteigen und dann wieder flussabwärts wandern (Bsp. Forelle, Nase).
- Jungfische, deren Eltern zum Ablaichen das Fließgewässer emporgestiegen waren, und die nun in die Unterläufe bzw. Seen abwandern (Bsp. Bach- und Seeforelle).
- Fische, die zur Fortpflanzung flussabwärts wandern (Bsp. Aal, der sich im Meer fortpflanzt).

Diese Abwanderung kann durch das Vorhandensein eines Stauraumes, durch hohe Abstürze sowie durch den Turbinendurchgang erschwert oder verunmöglicht werden; teilweise gehen die Tiere dadurch ein.

### **2.2 Einfluss des Stauraumes auf die Abwanderung von Fischen**

In Fließgewässern lebende Fische, insbesondere Arten, die in schnellströmenden Gewässern vorkommen, sind an diese Strömungsbedingungen angepasst. Gelangen sie bei ihrer Abwärtswanderung in Staubereiche geringer Strömungsgeschwindigkeit, so kann es dazu kommen, dass sie sich nur noch schlecht orientieren können; ihre Abwanderung wird verzögert. Dadurch wird einerseits ihr natürlicher Lebenszyklus verändert, andererseits kann es bei schlechter Wasserqualität zu verstärktem Auftreten von Krankheiten oder gar zum Absterben dieser Arten kommen. Sind zudem wenig Unterschlupfmöglichkeiten vorhanden, werden solche Tiere vermehrt Beute von Raubfischen und -vögeln.

### **2.3 Gefahr von Verletzungen durch Abstürze**

Fische können sehr hohe Abstürze unbeschädigt ertragen: Untersuchungen in Amerika haben gezeigt, dass bei einem Absturz von 27 m Mortalitätsraten von 0-4 % auftraten; bei einer Höhe von 76 m dagegen solche von 17-64 %. Solch hohe Abstürze kommen im Bereich von KWK nicht vor. Der Fisch kann aber beim Wehrabsturz trotzdem verletzt werden, wenn die Wassertiefe unterhalb des Wehrabsturzes nicht genügend gross ist, oder wenn er infolge der Mechanik Schäden erleidet.

### **2.4 Fischmortalität in Turbinen**

Wird ein Fisch in eine Turbine eingeschwemmt, ist er folgenden Gefahren ausgesetzt:

- brüskten Geschwindigkeitsbeschleunigungen und -verlangsamungen
- hohen Druckunterschieden
- mechanischen Verletzungen

Diesbezügliche Untersuchungen über Verletzungen bzw. Sterberaten wurden in verschiedenen Ländern durchgeführt. Dabei hat es sich gezeigt, dass bei PELTON-Turbinen die Mortalität der in die Turbinen gelangenden Fische 100 % beträgt. In FRANCIS- und KAPLAN-Turbinen variiert diese Mortalitätsrate zwischen 0 und ebenfalls 100 %, in Abhängigkeit von den Charakteristiken der Turbinen, deren Funktionieren, des Höhenunterschiedes sowie der Fischgrösse. Als mittlere Mortalitätsrate für in die Turbinen geratenden Fische können folgende Zahlen angegeben werden (TRAVADE & LARINIER, 1990):

FRANCIS - Turbinen:	37 %
KAPLAN - Turbinen:	9 %

Wegen der für Kleinturbinen notwendigen engen Lichtweite der Rechenstäbe (15-40 mm) gelangen grosse Fische nicht in die Turbinen. Bei kleinen Fischen ist die Mortalität geringer.

Da wie oben erwähnt die Turbinenmortalität für die Fische je nach Anlagetyp sehr unterschiedlich ist, muss für jede Anlage individuell entschieden werden, ob und welche Vorrichtungen angebracht werden sollten, um zu verhindern, dass zu viele Fische in die Turbinen gelangen. Bei den meisten KWK kann der Turbinendurchgang grosser Fische durch die engen Rechen vermieden werden.

## 2.5 Massnahmen

Es können verschiedene Massnahmen getroffen werden, um den Fischen den Weg ins Unterwasser zu erleichtern bzw. überhaupt zu ermöglichen:

- Der Stauraum sollte **gut strukturiert** sein, so dass Fische, deren Abwanderung verzögert wird, trotzdem gute Ueberlebenschancen haben.
- Fische müssen auch während Zeiten geringer Wasserführung (kein Wehrüberlauf, Dotierung über Aufstiegshilfe) die Möglichkeit haben, ins Unterwasser zu gelangen. Anhand von **Lenkvorrichtungen** kann dafür gesorgt werden, dass die Fische von oben her den Eingang zum Fischpass bzw. ins Umgehungsgerinne finden und so abwandern können.
- Besteht ein Wehrüberlauf, so muss dafür gesorgt werden, dass mit diesem Wasser verfrachtete Fische beim Absturz **nicht verletzt** werden (genügende Wassertiefe, keine scharfen Kanten). Es ist gut, dabei die Fallhöhe möglichst gering zu halten.
- Besteht die Gefahr einer hohen Turbinenmortalität, müssen die Fische daran **gehindert** werden, in den Bereich der Turbinen zu gelangen. Dies kann entweder anhand mechanischer Barrieren, oder aber mittels "Verhaltensbar-



rieren" (Blasenvorhang, dem der Fisch ausweicht, elektrische Fischabweiser etc.) geschehen.

## 2.6 Situation in der Schweiz

Es sind wenige Untersuchungen über Abwanderungsverzögerungen und Verletzungen von Fischen durch Abstürze bei KWK bekannt. Es muss jedoch angenommen werden, dass gerade die Abwanderung durch das Einstauen der Gewässer verzögert oder gar verhindert wird. Die Turbinenmortalität ist dagegen eher ein Problem grosser Kraftwerke bzw. einiger spezieller Anlagen (Bsp. Barrage La'Dernier, Lac Brenet, Orbe, VD).

## 2.7 Literatur

**Travade, F., Dartiguelongue, J. & Larinier, M. (1987):** Dévalaison et franchissement des turbines et ouvrages énergétiques: l'expérience EDF.- La Houille Blanche, no. 1/2: 125-133.

**Travade, F. & Larinier, M. (1990):** Migration d'avalaison - problèmes - dispositifs.- Seminar über Fischaufstiegshilfen in Lichtenstein, unveröffentlicht, 8 Seiten.

Diese beiden Artikel geben einen guten Ueberblick über die Abwärtswanderung der Fische bzw. die Problematik der Turbinenmortalität. Es werden verschiedene Untersuchungen geschildert, die Verletzungen der Fische bei Abstürzen und beim Turbinendurchgang beschreiben sowie Lösungsmöglichkeiten angeführt. In französisch.

### 3. RESTWASSERMENGE - BENETZTE FLÄCHE

#### 3.1 Weshalb braucht der Fluss eine bestimmte Restwassermenge?

Bei der Abzweigung von Wasser zum Zwecke der Energieerzeugung wird dem Fließgewässer eine gewisse Menge Wasser entzogen und den Turbinen zugeführt. Im Fluss selber bleibt auf dieser Entnahmestrecke nur das sogenannte "Restwasser". Dies kann u.a. folgende Auswirkungen haben:

- Durch die **Verminderung des Abflusses** und die **Verhinderung von periodischen Ueberschwemmungen** resp. Wasserstandsschwankungen entsteht eine Monotonisierung des Abflussregimes, was zu einer Verarmung der Lebensräume führt.
- Die **Abflussgeschwindigkeit nimmt ab**. Der Geschiebetrieb wird reduziert, es lagern sich mehr feine Stoffe ab. Dadurch verändern sich die chemischen und physikalischen Bedingungen auf dem und im Flussgrund (z.B. weniger Sauerstoff).
- Durch die **Ablagerung von feinen Schwebstoffen** können sich verschiedene Fischarten nicht mehr fortpflanzen. Dies betrifft insbesondere die Kieslaicher, also z.B. die Forelle. Zudem weisen solche Strecken oft zu wenige Versteckmöglichkeiten und zu geringe Wassertiefen auf, was eine Besiedlung durch grössere Tiere verhindert sowie eine Wanderung in die darüberliegenden Gebiete verhindern kann.
- Die **Wassertiefe nimmt ab**. Ist das Profil in einer solchen Entnahmestrecke zu breit angelegt, weist sie eine **zu geringe Wassertiefe** auf, um vielfältiges Leben zuzulassen.
- Die **Wassertemperatur** passt sich bei kleinen Abflüssen eher der Umgebungstemperatur an. Dies bedeutet, dass das Wasser in solchen Strecken im Winter zu tiefe, im Sommer dagegen zu hohe Temperaturen annehmen kann. Dies beschleunigt bzw. verlangsamt u.a. die Entwicklung der Insekten: Schlüpfen sie deswegen zu früh aus, können sie in eine für sie feindliche Umwelt gelangen.
- Es entsteht ein **verstärktes Algenwachstum**, was die Ablagerung von feinen Stoffen fördert. Da diese Pflanzen einen ganz anderen Lebensraum bieten als die Sohle auf schnellfließenden Strecken, sterben empfindliche Arten wie Eintags- und Steinfliegenlarven ab und werden durch weniger empfindliche Arten ersetzt (v.a. Zuckmückenlarven).
- Bei sehr kurzen oder stark verbauten Ausleitungsstrecken steht weniger die Beeinträchtigung dieses Abschnittes, sondern vielmehr die **Unterbrechung des Gewässers** im Vordergrund.

Die Restwasserproblematik wurde in den letzten Jahren sehr aktuell: Während Naturschutzkreise verlangen, dass bei Wasserentnahmen deutlich mehr Wasser als

bisher im Fluss belassen werden soll, bedeutet eine höhere Dotierwasserabgabe stets auch einen Verlust an Energieproduktion. Je nach Verbauungsgrad und Gestaltungsmöglichkeit der Entnahmestrecke kann im Individualfall eine Gegenüberstellung von verschiedenen Restwassermengen, ökologischen Wasserbaumassnahmen und Energieproduktionsverlusten (Energie aus erneuerbaren Quellen als ökologische Grösse gewertet) hilfreich sein. Der ökologische Nutzen sollte konsequenter bilanziert und den wirtschaftlichen Kosten gegenübergestellt werden.

### 3.2 Situation in der Schweiz

Der quantitative Bereich der Restwasserfrage wird durch das revidierte **Gewässerschutzgesetz** vom 24. Januar 1991 vollständig abgedeckt. Die zuständige Behörde bestimmt die Restwassermenge aufgrund einer Abwägung der Interessen für und gegen die vorgesehene Entnahme (Art. 33 GSchG). Diese Restwassermenge darf die Mindestrestwassermenge nach Art. 31 GSchG, d.h. eine Wassermenge, die aufgrund des "natürlichen" Niedrigwasserabflusses sowie gewässerökologischer Anforderungen ermittelt wird, nicht unterschreiten. In Ausnahmefällen können die Kantone diese Restwassermenge tiefer ansetzen (Art. 32, z.B. in Nichtfischgewässern). Die Behörden können die Mindestrestwassermenge jedoch auch erhöhen, sofern sich dies aus einer Abwägung der Interessen für und gegen die Wasserentnahme ergibt.

An dieser Stelle seien einige Lösungsansätze angeführt, damit die negativen ökologischen Auswirkungen in Restwasserstrecken möglichst klein gehalten werden können:

- Die Dotierung soll **zeitlich unterschiedlich** festgelegt werden, um eine gewisse Abflussdynamik unterhalb der Wasserentnahme zu erhalten.
- Eine **Limitierung der Ausbauwassermenge** ermöglicht die Beibehaltung erhöhter Abflüsse in der Restwasserstrecke zu Zeiten natürlichen Hochwassers.
- Periodisch während kurzer Zeit erhöhte Abflüsse erlauben die Reinigung und Strukturierung der Gewässersohle.
- Die Restwasserstrecke sollte möglichst **kurz** angelegt werden, was gerade im Bereich von KWK häufig kein Problem darstellt.
- Die Ausleitungsstrecke ist wie in Kapitel 9.3 beschrieben mit einer gut strukturierten Morphologie auszustatten. Durch bauliche Massnahmen kann in den meisten Fällen eine deutliche Erhöhung des Wasserspiegels bewirkt werden (**Niedrigwasserrinne**). Zudem muss darauf geachtet werden, dass das Wasser im Sommer nicht zu stark erwärmt wird.
- Die Durchgängigkeit des Gewässers für Wasserlebewesen kann je nach Fall auch im Triebwasserweg erzielt werden.
- Mit einem naturnahen Ausbau der Triebwasserkanäle kann ein gewisser ökologischer Ausgleich erzielt werden.

### 3.3 Literatur

Die Restwasserproblematik ist in letzter Zeit ausführlich dargestellt und diskutiert worden. Wir beschränken uns an dieser Stelle deshalb auf die Angabe einer einzelnen Publikation; weitere diesbezügliche Angaben werden im Literaturverzeichnis (Anhang) aufgeführt.

**Akeret, E. (Vorsitz), (1982):** Schlussbericht der interdepartementalen Arbeitsgruppe Restwasser.- Bern, 401 Seiten.

Dieser ausführliche Bericht hat massgebend dazu beigetragen, die im revidierten Gewässerschutzgesetz festgehaltenen, heute geltenden Restwasserbestimmungen auszuarbeiten. Folgende Teilaspekte wurden von verschiedenen Fachstellen untersucht und umfassend dargestellt: Fischerei, Landschaftsökologie und -ästhetik, Wasserqualität, Grundwasser, Landwirtschaft, Flussbau, Hochwasserschutz, Wasserkraftnutzung und Raumplanung. Der Bericht ist zweisprachig (deutsch/französisch) erschienen.

## 4. SPÜLUNGEN VON STAURÄUMEN

### 4.1 Weshalb werden Stauräume gespült?

Durch das Fliessgewässer werden ständig Geschiebe und Feststoffe in den Staubereich eingetragen, wo sich diese aufgrund der verringerten Strömungsgeschwindigkeit absetzen. Viele dieser Staustrecken sind deshalb vom Verlanden bedroht und können ihre **Wasserspeicherfunktion nicht mehr erfüllen**.

Während diese Stoffe in grossen Stauseen teilweise ausgebaggert werden können, ist diese Methode bei KWK einerseits zu teuer und andererseits wegen der oft schweren Zugänglichkeit kaum möglich und wird z.T. von den Behörden verboten.

Durch diesen Verlandungsvorgang geht jedoch Stauraum verloren, es kann zu betrieblichen Problemen kommen. Aus diesen Gründen sind oft Spülungen notwendig, welche jedoch je nach Situation das darunterliegende Oekosystem beeinträchtigen können.

### 4.2 Auftretende Probleme

Durch den Stauablass kann es zu folgenden Problemen kommen:

- Ziel der Spülung ist es, das im Stauraum abgelagerte Material, hauptsächlich Feinsediment, abzuschwemmen. Wird dieses zu wenig verdünnt (zu geringe Wasserführung), kann es zu **direkten Schädigungen der Wassertiere** kommen.
- Wird die Wassermenge rasch erhöht, haben die Tiere keine Zeit, sich an die veränderten Bedingungen anzupassen und werden abgeschwemmt. Geht auf der anderen Seite die Wasserführung nach der Spülung sehr schnell zurück, verbleiben manche Lebewesen in den Wasserflächen, die sich seitlich des normalen Bettes gebildet haben und gehen beim Austrocknen des Wassers ein.
- Ist die Wasserströmung zu gering, um das Material vollständig aus dem Flussbett abzuschwemmen, lässt es sich auf der Sohle nieder und verstopft so deren Porensystem (**Kolmatierung**). Die Wasserzirkulation innerhalb des Grundes wird dadurch verringert oder gar unterbunden, der Sauerstoffgehalt in der Sohle nimmt ab, was folgende Konsequenzen haben kann:
  - \* Der Wasseraustausch wird behindert.
  - \* Die in der Sohle lebenden Wirbellosen gehen ein oder lassen sich weiter talwärts schwimmen; die ansässigen Fische finden zu wenig Nahrung und wandern ab.
  - \* Die Eier und die Brut von Kieslaichern können stark geschädigt werden. Unter Steinen lebende Fische wie die Groppen finden weniger Unterschlupfmöglichkeiten.

Oft wird solches Feinsediment erst durch ausserordentliche Hochwässer wieder aus dem Flussbett abgeschwemmt.

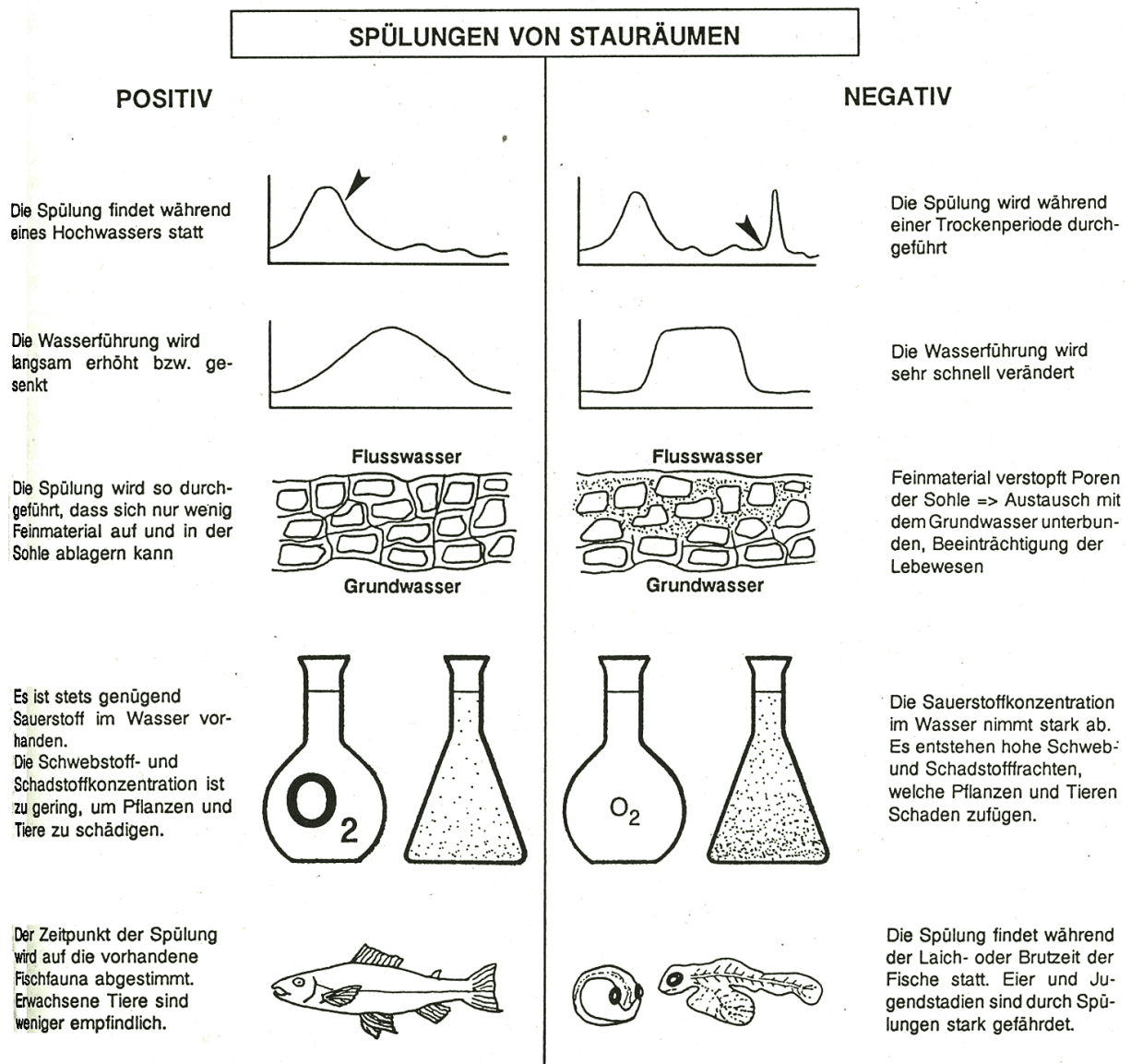
- Schwebstoffe belasten nicht nur den Unterlauf des betreffenden Flusses, sondern auch die weiter unten liegenden Fliessgewässer bzw. Seen. In Seen kann es in Abhängigkeit von den physikalischen Bedingungen, von der Jahreszeit, der Menge des Schwebstoffeintrages, der Art des Gewässers etc. zu eigentlichen **Feinsedimentschichten** kommen, welche die natürlichen Schichtungsprozesse und andere Vorgänge stark beeinträchtigen.
- Befindet sich das Kraftwerk in einem bewohnten Gebiet, kann der Fluss stark mit Abwässern belastet sein. Dies führt dazu, dass sich Schadstoffe verschiedenster Art im Sediment des Staus ablagern und bei der Spülung freigesetzt werden. Dadurch kommt es zu einer **Verschlechterung der Wasserqualität** im Unterwasser. Solche Ausspülungen von Schadstoffen treten auch bei Hochwässern mit natürlichen Ablagerungen (von Niedrig- und Mittelwasserzeiten) auf, jedoch weniger konzentriert. Längerfristig gilt es deshalb in erster Linie, die Ursache - den Schadstoffeintrag in die Gewässer - zu reduzieren.

#### 4.3 Lösungsansätze zur Verminderung der Umweltschäden

Indem einige Randbedingungen eingehalten werden, können die Beeinträchtigungen von Spülungen meist stark reduziert werden. Es lassen sich zwar einige allgemeingültige Grundsätze für Spülungen aufstellen, jeder Fall muss jedoch **individuell beurteilt** werden.

- Die Spülung sollte während eines **natürlich auftretenden Hochwassers** erfolgen. Dieses wird dadurch verstärkt/verlängert, was aber weniger Schaden erzeugt als Spülungen während der Trockenzeit. Die Sediment- und allfällige Schadstofffracht wird durch die grosse Wassermenge besser verdünnt, die Stoffe lagern sich weniger häufig im Flussbett ab. Zudem können sich viele Tiere an natürliche Hochwässer anpassen, indem sie sich tiefer in den Grund zurückziehen, sofern die Sohle nicht zu stark kolmatiert ist.
- Die Wasserführung sollte sehr **langsam erhöht bzw. gesenkt werden**.
- Die **Wasserqualität** während der Spülung darf das Ueberleben der Flusstiere nicht gefährden.
- Der **Zeitpunkt** der Spülung muss nicht nur auf die Wasserführung des Flusses, sondern auch auf die dort ansässige **Fauna** abgestimmt werden. Er muss ausserhalb der Laichzeit der Fische angesetzt werden.
- Bei neuen witterungsabhängigen Situationen, insbesondere in Bezug auf die Wassermenge und die Geschiebeführung, sind die Entleerungs- und Spülprogramme **kurzfristig anzupassen**.

Abb. 5: Positive und negative Vorgehen bei Spülungen von Stauräumen.



Spülungen und Entleerungen von Stauräumen sind in Art. 40 des neuen Gewässerschutzgesetzes geregelt und dürfen in der Schweiz nur mit der Bewilligung der kantonalen Behörden vorgenommen werden. Viele Kantone haben Spülreglemente ausgearbeitet, welche bestimmte Grundsätze aufzeigen und individuell angepasst werden, da die Bedingungen je nach Kraftwerksstandort und Dimension der Anlage sehr verschieden sein können. Bei sehr kleinen Stauräumen und Kraftwerken soll der personellen, technischen und finanziellen Machbarkeit der Spülreglemente besondere Bedeutung verliehen werden. Abhängig von der Situation legt die Behörde den genauen Ablauf oder aber auch nur Zeitpunkt und Art der Spülung fest. Es liegt im Interesse der Kraftwerksbetreiber, Spülungen zu einem **möglichst frühen Zeitpunkt** zu melden, da dadurch alle notwendigen Untersuchungen und Massnahmen getroffen werden können.

#### **4.4 Fallbeispiel Kanton Graubünden**

Ausgangslage für genaue Untersuchungen der Spülungen im Kanton Graubünden war ein Stauablass im Jahre 1981, welcher einen grossen Schaden erzeugte. Aufgrund dessen wurde von der Bündner Regierung eine Arbeitsgruppe eingesetzt, welche viele Spülungen begleitete und verschiedene Untersuchungen durchführte.

Spülungen weisen z.T. dieselben Effekte auf wie natürliche Hochwässer, weshalb auch diese analysiert wurden. Dabei hat es sich gezeigt, dass Hochwässer ähnliche Belastungen durch Schwebstoffe bewirken und den Grund entweder abscheuern oder mit Material bedecken können. Es wurde deshalb postuliert, dass die bei natürlichen Vorgängen ermittelten Richtwerte bei Spülungen unbedingt eingehalten werden müssen, um nicht zusätzliche Schäden zu bewirken.

Die Untersuchungen haben zudem gezeigt, dass jede Spülung unter Berücksichtigung der gegebenen Verhältnisse individuell geregelt werden muss.

Der Schlussbericht der Fachgruppe diente der Regierung als Unterlage für die Erstellung der im Kanton Graubünden geltenden neuen Regelungen über Spülungen und Entleerungen von Stauseen. Er findet für grössere Speicherseen Anwendung, enthält jedoch viel grundlegendes Wissen, welches für die Planung von Spülungen bei KWK nützlich ist.

#### **4.5 Fallbeispiel Eugenisee**

Aufgrund des Eintrages durch die Engelbergeraas kam es im Eugenisee zu starken Auflandungen, weshalb von den Betreibern ein Gesuch gestellt wurde, ca. 40'000 m<sup>3</sup> Sedimente aus dem Eugenisee in die Engelbergeraas abzuspülen. Neben den kantonalen Stellen wurde die EAWAG beigezogen und damit beauftragt, die Spülung wissenschaftlich zu begleiten, um die Interessen des Gewässerschutzes und der Fischerei wahren zu können. Vor der Spülung wurden Einleitungsbedingungen formuliert, welche insbesondere die Belange Flussökologie, Grundwasser und Kolmation des Flussbettes berücksichtigten. Die wichtigsten Punkte waren:

- **Dosierte Einleitung** der Eugenisee-Sedimente in die Engelbergeraas.



- **Konzentration der absetzbaren Feststoffe** (Imhof-Trichter, Absetzzeit 2 h) **maximal 5 mg/l**. Bei ungewolltem Ansteigen der Feststoffkonzentration, insbesondere als Folge von Gewittern, wäre die Spültätigkeit zu reduzieren oder allenfalls sogar zu unterbrechen gewesen, um den Grenzwert möglichst einzuhalten.
- Die **Sauerstoffkonzentration** unterhalb der Einleitungsstelle durfte **nicht signifikant geringer sein als der Referenzwert** oberhalb der Einleitungsstelle und musste **mindestens 6 mg/l** betragen.
- Der **Spülbetrieb** durfte nur durchgeführt werden, wenn die Engelbergeraas der Einleitungsstelle eine Wasserführung von **mindestens 2 m<sup>3</sup>/s** aufwies. Gleichzeitig sollte die Wasserführung unterhalb der Einleitungsstelle überall mindestens 2 m<sup>3</sup>/s betragen. Dadurch wurde der Abtransport der ausgespülten Sedimente in den Vierwaldstättersee gefördert und das Liegenbleiben im Fluss selber möglichst verhindert.

Vor, während und nach der Spülung wurden verschiedenste Messungen und Untersuchungen bezüglich Morphologie, Hydrologie, Chemie, Trübung, Transport und Ablagerungen von Sedimenten, Kolmation, Quantität und Qualität des Grundwassers, Wirbellose und die Fischfauna durchgeführt.

Es wurden zwar einige Veränderungen in der Engelbergeraas festgestellt (teilweise Kolmation der Flussole, Unterschiede in der Individuendichte der wirbellosen Tiere, Hinweise über Beeinträchtigungen der Bachforellen), es kam jedoch nicht zu schwerwiegenden Veränderungen der Engelbergeraas, ihres Grundwassers oder ihrer Lebewelt. Die Einleitungsbedingungen für diese Spülung haben sich somit als zweckmässig erwiesen.

#### 4.6 Situation in der Schweiz

Ein Ueberblick über die Gesamtsituation dieser Problematik in der Schweiz kann an dieser Stelle nicht angeführt werden, da gerade Spülungen immer sehr situationsbezogen beurteilt werden müssen.

Bei einer Festlegung eines Spülreglementes muss jedoch immer eine Interessenabwägung der verschiedenen Faktoren durchgeführt werden. Als Beispiel kann das KWK Roggwil angeführt werden, bei dem es im Herbst 1993 zu einer Notspülung wegen des Auffüllens des Stauraumes und damit verbundenen Problemen (Stauraum erfüllte seine Funktion als Absetzbecken nicht mehr) gekommen war. Die dadurch entstandenen finanziellen Einbussen (Schäden an der Fischfauna) konnten zwischen dem Kraftwerk und den Besitzern dieser Gewässer gütlich geregelt werden. In der Folge wurde eine Kommission, bestehend aus Vertretern des Kraftwerkes, dem Planverfasser, der Fischerei und dem kantonalen Wasserwirtschaftsamt gebildet, welche das künftige Vorgehen bei diesen Spülungen plant und überprüft.

#### 4.7 Literatur

**Gartmann, R. (1990):** Spülungen und Entleerungen von Stauseen und Ausgleichsbecken. Umweltbezogene Anforderungen.- Wasser, Energie, Luft, Heft 1/2, Seiten 33-37.

Bericht über die Untersuchungen der Arbeitsgruppe "Spülungen und Entleerungen von Stauhaltungen im Kanton Graubünden". Schildert die durchgeführten Untersuchungen, die zu einem Regierungsbeschluss über Spülungen geführt haben, welche die Bereiche Gewässerschutz, Fischerei, Wasserbaupolizei, Wasserrecht sowie Natur- und Heimatschutz berücksichtigt.

**Müller, R. & Huggenberger, P. (1992):** Verlandungsräumung Eugenisee 1990. Bericht über die Untersuchungen im Zusammenhang mit der Spülung des Eugenisees OW.- EAWAG, im Auftrag des Baudepartementes des Kt. Obwalden.

Dieser Bericht stellt ausführlich die Spülung des Eugenisees dar. Diese Arbeit ist u.a. deshalb von grosser Wichtigkeit, weil verschiedenste Aspekte untersucht wurden. Es wurden u.a. detaillierte Erhebungen der Wirbellosen- und Fischfauna durchgeführt, was als Grundlagenforschung betrachtet werden kann, da solche Kenntnisse bisher kaum vorhanden waren. In einem Bericht der EWLE-AG (HEUTSCHY, 1992) werden zudem die Auswirkungen dieser Verlandungsspülung auf das Kraftwerk Obermatt dargestellt (Kraftwerkbetrieb während der Spülung, Produktionsaspekte, Kosten). Obwohl es sich beim Kraftwerk Obermatt um eine grosse Anlage handelt, können die ausführlichen Untersuchungen auch wertvolle Hinweise für die Spülungen von KWK geben.

**BUWAL (1994):** Oekologische Folgen von Stauraumspülungen. Empfehlungen für die Planung und Durchführung spülungsbegleitender Massnahmen.- Schriftenreihe Umwelt Nr. 219, Fischerei, Bern, 47 Seiten.

Anhand der Ergebnisse von Literaturrecherchen sowie den Resultaten verschiedener Spülungen versucht dieser Bericht, die Wissenslücken über die ökologischen Folgen von Stauraumspülungen zu verringern. Zugleich wurden Empfehlungen für die Planung und Durchführung von Spülungen erarbeitet, wodurch die Schäden künftig minimiert werden können. Die Erfahrungen stammen aus Spülungen grosser Speicherseen, sind jedoch z.T. gut auf kleine Stauräume anwendbar. Dieser Bericht kann beim Dokumentationsdienst des BUWAL bezogen werden.

## 5. SCHWALLBETRIEB

### 5.1 Weshalb kann Schwallbetrieb schädlich sein?

Wenn ein Wasserkraftwerk **nur zu bestimmten Zeiten turbinert**, spricht man von **Schwallbetrieb**. Dies bedeutet, dass das Fließgewässer zu Strom-Hochtarifzeiten, wenn viel elektrische Energie verlangt wird (bzw. während der Arbeitszeit bei Direktantrieb) viel Wasser, zu Niedertarifzeiten (bzw. am Feierabend/Wochenende) sehr wenig oder kein Wasser führt. Dadurch kommt es zu starken, unnatürlichen Schwankungen der Wasserführungen, die zudem durch einen raschen Anstieg und Abfall gekennzeichnet sind. Diese Art der Wassernutzung war früher weit verbreitet, da beispielsweise nur zur Arbeitszeit einer Mühle Strom benötigt wurde, und die Anlagen nicht vernetzt waren. Mit dem Anschluss vieler Werke an das elektrische Netz ist diese Betriebsart bei KWK zurückgegangen.

Über die Auswirkungen von Schwallbetrieb auf die Flussbewohner sind weltweit im Vergleich zu anderen Themen nur sehr wenige Untersuchungen durchgeführt worden. Man nimmt jedoch an, dass diese Art der Wassernutzung zu den gravierendsten Eingriffen in ein Fließgewässer gehört, und die Bewohner des Fließgewässers je nach Betriebsweise auch noch weit unterhalb der Kraftwerksanlage geschädigt werden können (JUNGWIRTH & MUHAR, 1991).

Durch die schnelle Erhöhung der Wasserführung kann es zu einem Abschwemmen einer Vielzahl von Wirbellosen sowie von Jugendstadien von Fischen bzw. von Kleinfischen kommen. Beim Rückgang, dem "Sunk", kommt es immer wieder zum Rückbleiben von Fischnährtieren, Brut-, Jung- und Kleinfischen im Uferbereich, wo sie nach dem Trockenfallen absterben oder leichte Beute verschiedener Landbewohner (z.B. Vögel) werden. Dadurch kann es langfristig zu einer Abnahme der Biomasse dieser Fischnährtiere sowie zu einem Rückgang ihrer Vielfalt kommen (JUNGWIRTH & MUHAR, 1991).

AMMANN (1993) zeigt anhand von Untersuchungen verschiedener Strecken eines Gebirgsbaches, welcher einem Schwallbetrieb unterliegt, dass dort hauptsächlich Gebiete direkt unterhalb der Kraftwerksanlage geschädigt wurden, welche durch den Aufstau vollkommen trockenlagen. Strecken, welche dagegen einen Minimalabfluss aufwiesen, hatten zwar geringere Dichten an wirbellosen Tieren, ihre Biomasse änderte sich aber kaum. In diesem Fall wurden die Tiere durch das Trockenlegen von Flussabschnitten, nicht aber durch das künstliche Hochwasser geschädigt. Wie jedoch der Autor ausführt, sind diesbezüglich noch sehr viele Fragen offen. Es ist beispielsweise nicht bekannt, welche Einflüsse die durch den Schwallbetrieb veränderten Temperaturbedingungen auf die Fauna der betroffenen Strecken ausüben.

### 5.2 Beispiel aus Oesterreich

Konkrete Untersuchungen über die Auswirkungen des Schwallbetriebes auf die wirbellosen Tiere wurden in zwei Flüssen Oesterreichs durchgeführt, wo jeweils dreimal pro Tag turbinert wird:

Bregenzerach: Die Wasserführung schwankt zwischen 1 und 30 m<sup>3</sup>/s im oberen sowie zwischen 1.5 und 60 m<sup>3</sup>/s im unteren Teil des untersuchten Gebietes.

Enns: Die Wasserführung schwankt zwischen 20 und 240 m<sup>3</sup>/s.

Die Untersuchungen haben ergeben, dass die kurzfristigen Veränderungen der Wasserführung die Wirbellosen stark beeinflussen: Bei einem Verhältnis von 30 : 1 zwischen maximalem und minimalem Abfluss reduzierte sich ihre Biomasse in der Bregenzerach um etwa 70 %, bei einem Verhältnis von 60 : 1 um etwa 85-90 %. Nach der Einmündung von Nebenflüssen wurde zwar die jeweilige Restwassermenge erhöht, die Biomassenverringerung blieb aber hoch.

In der Enns wurden die Wirbellosen insgesamt um 5 bis 40 % reduziert. Dies wurde mit den unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten in Zusammenhang gebracht: Während der Restwasserperiode herrscht eine sehr kleine Geschwindigkeit; es setzt sich Sand ab. Während der drei Spitzen wird er dann wieder abgeschwemmt, weshalb weder sehr strömungsliebende noch auf Feinsediment angewiesene Arten überleben können.

Obwohl keine Untersuchungen bezüglich der Fischfauna durchgeführt wurden, muss angenommen werden, dass die Fische einerseits direkt durch den Schwallbetrieb, andererseits aber auch durch die Abnahme ihrer Nährtiere Schäden erleiden.

### **5.3 Schlussfolgerungen und Lösungsansätze für KWK**

Wie oben dargestellt, kann sich der Schwallbetrieb sehr unterschiedlich auf ein Gewässer auswirken. Es sind jedoch nur Einzelfälle untersucht worden; viele Aspekte sind momentan noch nicht bekannt. Es wäre deshalb von grossem Nutzen, weitere Untersuchungen über die Auswirkungen von Schwallbetrieb auf das darunterliegende Ökosystem durchzuführen. Es sollte beispielsweise abgeklärt werden, wie gross die kritische Fliessgeschwindigkeit für einzelne Wirbellosenarten ist, mit welchen Auswirkungen des Schwallbetriebes bei verschiedenen dimensionierten Werken bzw. verschiedenen Abflusserhöhungen zu rechnen ist, ob und wie die Fischfauna beeinträchtigt wird etc.

Es muss aber angenommen werden, dass ein Schwallbetrieb mit grossen und starken Wasserstandsschwankungen **grosse Schäden** im darunterliegenden Ökosystem bewirkt. Durch den Schwallbetrieb wird nicht mehr Energie, sondern Energie zu einem günstigen Zeitpunkt, also mit einem besseren ökonomischen Wert gewonnen. KWK produzieren aufgrund ihrer geringen Dimensionen relativ wenig Energie. Da zudem das Verhältnis Umweltschaden - Energiegewinn eher gross ist, und heute eine Vernetzung der Elektrizitätswerke möglich ist, sollte bei KWK möglichst auf **Schwallbetrieb verzichtet** werden.

### **5.4 Situation in der Schweiz**

Der Schwallbetrieb ist eine typische Folge des Speicher- oder Pumpspeicherbetriebes der Kraftwerke und betrifft in der Schweiz hauptsächlich die höhergelegenen Fliessgewässer der Alpen. Alpine Fliessgewässer sind von Natur aus durch sehr

dynamische Umweltbedingungen und oft grosse Strömungsgeschwindigkeiten gekennzeichnet, welche beispielsweise der Kolmation (Verfestigung) der Flussole entgegenwirken. Zeitweise künstlich stark verringerte Abflüsse können sich deshalb stark auswirken.

War diese Betriebsart früher sehr häufig, kommen heute im Mittelland kaum mehr solche Anlagen vor, wobei uns keine genaueren Angaben über die Anzahl der KWK mit kurzzeitig intermittierendem Abfluss bekannt sind.

## 5.5 Literatur

Es ist nur sehr wenig Literatur bezüglich dieses Themas vorhanden. Häufig wird detailliert auf einzelne Aspekte (z.B. das erhöhte Abschwemmen und die veränderte Aktivität von Wirbellosen) eingegangen, ohne dass die Gesamtsituation untersucht wird.

**Bretschko, G. & Moog, O. (1990):** Downstream effects of intermittent power generation.- Wat. Sci. Tech., 22: Seiten 127-135.

In englisch, beschreibt in zwei österreichischen Flüssen durchgeführte Untersuchungen der Wirbellosenfauna.

**Ammann, M. (1993):** Das durch Wasserkraftnutzung veränderte Abflussregime eines alpinen Fliessgewässers und dessen Auswirkungen auf das Makrobenthos.- Dissertation ETH Zürich.

Untersuchungen über die Chemie, die Abflussverhältnisse, die Temperatur und insbesondere die Wirbellosenfauna in einem von Schwallbetrieb beeinflussten, alpinen Gewässer, dem Secklisbach.

## 6. STAURAUM

### 6.1 Veränderungen des Flusses, wenn er aufgestaut wird

Wie bereits in Abb. 2a) aufgezeigt wurde, kommt es durch den Aufstau von Fliessgewässern zu grundlegenden Veränderungen des Lebensraumes und der sich abspielenden Prozesse. Die Fliessgeschwindigkeit nimmt ab, wodurch sich vermehrt Sand und Schlamm ablagern. Dadurch wird die Flussole, die ehemals aus verschiedenem Substrat bestand, von feineren Stoffen zugedeckt, die **Vielzahl an Kleinbiotopen** (z.B. Kieselzwischenräume) **nimmt ab**.

Dies hat direkte Auswirkungen auf die verschiedenen Wassertiere: Das Abbläuen sowie die Brutphase von boden- und substratgebundenen Fischarten wird gestört, die Artenzahl der Wirbellosen verringert sich, es kommt zur Entwicklung einer für strömungsarme Gebiete typischen Fauna. Der Stauraum wirkt zudem als Wanderungsbarriere für manche Flussbewohner, die sich nach der Strömung richten.

Daneben führt der Wegfall von Schotter- und Sandbänken auch zu einem Verlust von Nistbiotopen für verschiedene bodenbrütende Vogelarten; Watvögel finden weniger Jagdbiotope.

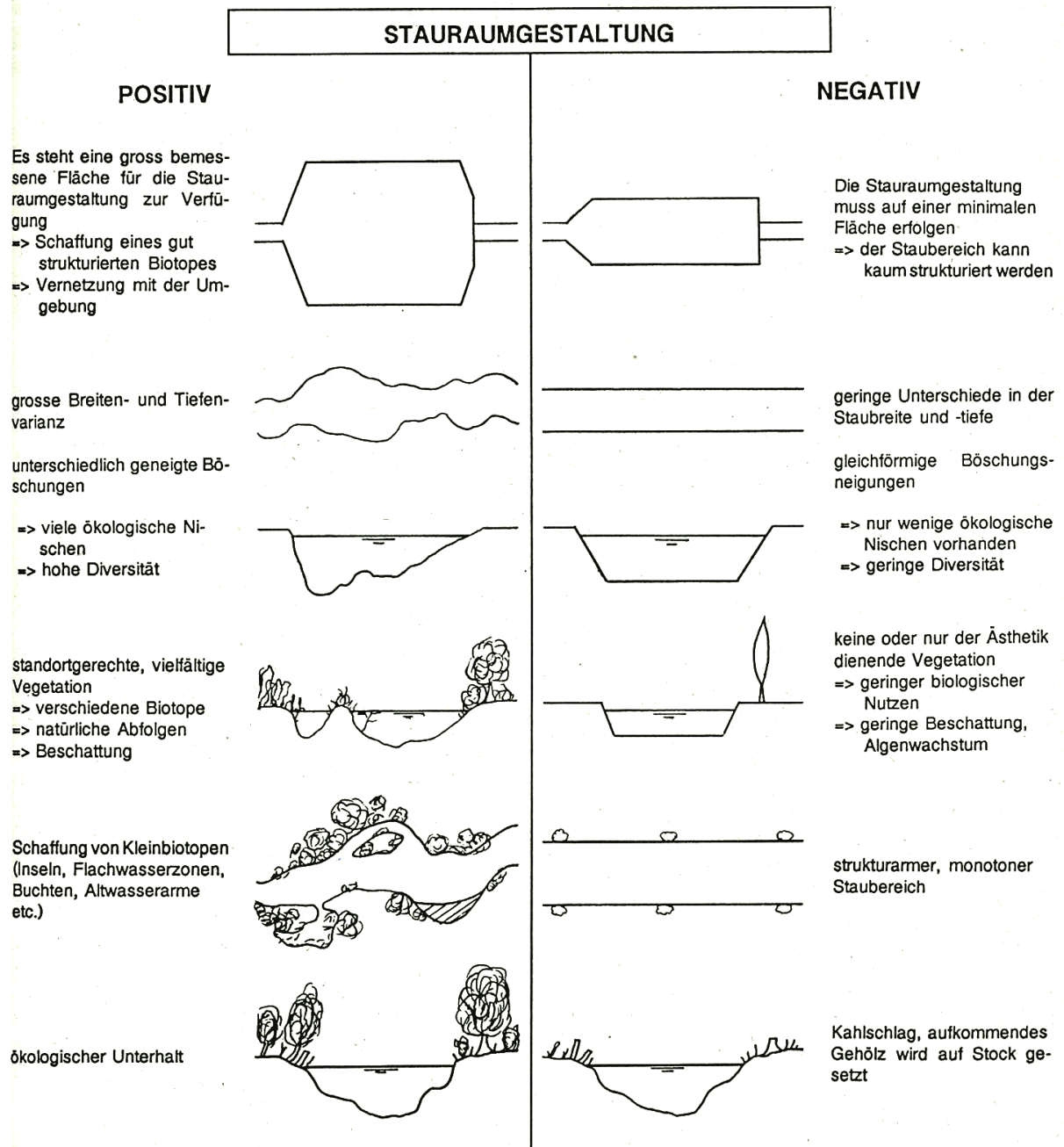
Auf der anderen Seite bewirkt das Aufstauen von Fliessgewässern auch andere Veränderungen wie geringeren Sauerstoffeintrag, verringertes Selbstreinigungsvermögen, andere Temperaturverhältnisse, veränderte Standortbedingungen für die Vegetation etc. Solche Veränderungen zu seenartigen Verhältnissen sind nicht a priori negativ, führen aber zu einem anderen Gewässerbiotop. Durch eine naturnahe Gestaltung dieses Staubereiches können Ersatzlebensräume für verschiedene Wassertiere und -pflanzen geschaffen werden, wobei jedoch die sich dadurch einstellende Fauna und Flora nicht mehr dem Urzustand des Fliessgewässers entspricht.

Dabei sind diese Auswirkungen stark von der Dimension eines solchen Staubereiches abhängig: Während beispielsweise grosse Staugebiete wahrscheinlich unüberwindbare Wanderungsbarrieren für wirbellose Tiere darstellen und sich seenartige Verhältnisse ausbilden, wird der Lebensraum Fliessgewässer bei kleineren Stauräumen sehr viel weniger verändert. Konkrete diesbezügliche Untersuchungen sind jedoch nur wenige vorhanden; eine Wissenslücke, die in Zukunft durch weitere Grundlagenforschung geschlossen werden sollte.

### 6.2 Gestaltungsmassnahmen im Staubereich

Bei der Wasserkraftnutzung, bei der ein gewisser Staubereich entsteht, können die oben geschilderten Veränderungen des Fliessgewässers nicht mit speziellen Massnahmen rückgängig gemacht werden. Es muss jedoch alles dafür getan werden, um die ökologischen Schäden eines Staus möglichst im Rahmen zu halten. Rein technisch konzipierte, monotone Stauanlagen, bituminös gedichtete oder hart verbaute Kanäle, bei denen alles aufkommende Gehölz auf Stock gesetzt wird, sollten heute der Vergangenheit angehören.

Abb. 6: Positive und negative Beispiele der Stauraumgestaltung.



Während gewisse Beeinträchtigungen durch die verringerte Wasserströmung unabdingbar sind (auch ein perfekt ausgestalteter Stauraum ersetzt nie ein freifliessendes Gewässer), können jedoch verschiedene Massnahmen getroffen werden, um die Lebensbedingungen für die Flussbewohner auch im Stauraum möglichst optimal zu gestalten.

Die Vergangenheit hat dies gezeigt: Manche Stauräume dienen heute als wertvolle Feuchtbiotope für Vögel und sind unter Naturschutz gestellt worden. Dabei haben sich z.T. vor Jahrzehnten gebaute Stauanlagen zu Naturlandschaften zweiter Hand entwickelt und können als **Beispiele für Neuanlagen** herangezogen werden.

Voraussetzung ist die zur Verfügung stehende Fläche: Ist sie knapp bemessen, sind nur wenige Gestaltungsmöglichkeiten durchführbar, und die Ufer müssen massiv, d.h. mit harten Verbauungen geschützt werden. Für die naturnahe Gestaltung eines Stauraumes ist somit eine grosszügige Bemessung der zur Verfügung stehenden Fläche unabdingbar.

Hier einige Vorschläge, die bei der Schaffung bzw. Revitalisierung eines Stauraumes einbezogen werden können:

- Sind Dämme und Deiche notwendig, können sie durch **geschwungene Linienführung, unterschiedliche Böschungsneigungen oder Bühnen** in die Landschaft eingebunden werden.
- Neu geschaffene Standorte sollten **teilweise bepflanzt** werden, insbesondere an erosionsgefährdeten Stellen. Teilweise kann neu geschaffener Rohboden aber auch sich selbst überlassen bleiben; die Vegetation wird von alleine aufkommen und sich natürlich weiterentwickeln.
- Durch Auf- und Abtrag können **zusätzliche Kleinbiotope** wie Flachwasserzonen, Inseln, Altwasser, Tümpel, Steilufer, Kiesinseln etc. geschaffen werden. Besonders wichtig ist auch die Anlage von flach geneigten Böschungswinkeln, die als Uebergangszonen Wasser - Land dienen. Die Standortvielfalt kann erhöht werden, indem Zonen mit unterschiedlichen Strömungen angelegt werden.
- Mit **Buchten** lässt sich der sonst recht eintönige Stauraum beleben. Die Biotopbuchten können Fischen als Laichplatz, als Kinderstube und als Fluchtplatz bei Hochwasser dienen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die **Artenvielfalt** der Tiere und Pflanzen umso **grösser** sein wird, je **stärker der Staubeich strukturiert** wird.

Die neu angelegten Standorte entwickeln sich ständig weiter. Durch einen ökologisch ausgerichteten Unterhalt kann die Entwicklung zu naturnahen Gewässerstandorten gefördert werden.

### **6.3 Bewirtschaftung von Stauräumen**

Alle bestehenden Weiher von KWK und viele grosszügig gebaute Oberwasserkanäle und Staustrecken wurden ursprünglich für die Speicherbewirtschaftung angelegt.



Ohne Netzverbund waren die Energiebezüger auf einen Ausgleich der Tageslastkurve und oft auf eine Nacht-Tag-Speicherung angewiesen. Grössere Speicherkapazitäten für Wochen- oder Trockenzeitausgleich oder gar für Saisonspeicherung sind selten resp. kommen bei KWK nicht vor.

Auch heute noch könnte die Abgabe von rundgesteuertem Spitzenstrom und eine Nacht-Tag-Verlagerung für die Elektrizitätsversorgung nützlich und für die Betreiber wirtschaftlich interessant sein. Weil tägliche Schwankungen des Stauspiegels und Schwälle im Unterwasser jedoch die Natur beeinträchtigen, wird heute in der Regel auf diese Möglichkeit verzichtet, oder sie wird seitens der Konzessionsbehörden untersagt. Die Weiher werden in den meisten Fällen jedoch nicht aufgefüllt, sondern weiterhin von den Betreibern unterhalten, was einen wertvollen Beitrag für die Natur bringen kann.

Wird ein Stauraum jedoch bewirtschaftet, so können die Beeinträchtigungen im Stauraum durch die in Kap. 6.2 bzw. in Abb. 6 aufgeführten Massnahmen (Schaffung unterschiedlicher Lebensräume, naturnahe Gestaltung etc.) reduziert werden. Um Schäden im Unterwasser zu vermindern bzw. zu vermeiden, sollten die Bedingungen für Stauraumspülungen (Kap. 4) und Schwallbetrieb (Kap. 5) eingehalten werden (langsames Erhöhen und Senken des Abflusses, möglichst geringe Veränderungen des natürlichen Abflusses etc.).

#### 6.4 Situation in der Schweiz

Die Staubereiche von KWK sind sehr unterschiedlich gestaltet: Im Bereich von natürlichen Abstürzen (Beispiel Guggenloch, SG) kommen oft relativ grosse, vielfältige Weiher vor. Vielerorts wird zudem heute beim Ausbau einer Anlage darauf geachtet, den Stauraum möglichst strukturiert auszugestalten (Beispiel KW Tiergarten in Burgdorf, KW Roggwil). Alte Kanalsysteme weisen zwar auch heute noch einen meist sehr geradlinigen Verlauf, geringe Tiefenvariabilität, steile Böschungen etc. auf, vielerorts sind jedoch ihre Randzonen und Ufer mit einer dichten Vegetation gesäumt, welche zumindest teilweise Habitate für Wasserpflanzen und -tiere sowie Wasservögel schaffen (Beispiel Seitenkanäle der Emme im Raume Utzenstorf). Eintönige, ökologisch wenig vielfältige Retentionsräume sind heute v.a. noch im Bereich von Siedlungen oder in Landwirtschaftszonen anzutreffen, wo wenig Raum zur Verfügung steht, die Uferbereiche oft aus Beton bestehen und die Vegetation nicht aufkommen kann bzw. stark zurückgeschnitten wird.

#### 6.5 Literatur

**Kemmerling, W. (1986):** Naturnahe Gestaltung von Stauhaltungen. 5. Seminar Landschaftswasserbau an der Techn. Universität Wien.- Wien, Inst. für Wassergüte und Landschaftswasserbau, 1986, 4105, Landschaftswasserbau Band 7.

Dieser Band enthält Artikel verschiedener Autoren, welche sich alle mit der Problematik der Stauräume befassen. Einerseits werden die verschiedenen Beeinträchtigungen durch Stauhaltungen aufgezeigt, andererseits aber auch geeignete Gestaltungsvorschläge skizziert, teils anhand von konkreten Beispielen. Die Texte sind gut verständlich geschrieben, die Beispiele oft mittels Photos, Karten und Gestaltungsplänen veranschaulicht.

## **7. SCHWEMMGUT**

Innerhalb des DIANE-Programmes finden Untersuchungen bezüglich wasserbaulichen Massnahmen zur Verringerung der betrieblichen Aufwendungen bei KWK unter Berücksichtigung der stofflichen Aspekte der Schwemmgutentsorgung statt. Die in diesem Kapitel dargestellten Ausführungen sind dem diesbezüglichen Zwischenbericht vom April 1995 entnommen.

### **7.1 Problematik**

Kleinwasserkraftwerke befinden sich grösstenteils an kleinen oder mittelgrossen Fließgewässern des Voralpenraumes und des Mittellandes. Diese Bäche oder Flüsse entwässern häufig ein intensiv bewirtschaftetes Einzugsgebiet mit laubwerfender bachbegleitender Vegetation. Dies führt periodisch zu einem massiven Eintrag von biologischem Material (Algen, Laub, Holz) in die Fassung; Material, welches als Schwemmgut flussabwärts transportiert oder in Stillwasserbereichen abgelagert wird. Mit der Ableitung von Wasser zu einem KWK gelangt ein Teil dieses biologischen Materials in die Rechenanlage, wo es - um Schäden an den Turbinen zu vermeiden - entnommen wird.

Primär während der Laubfallzeit im Herbst fallen an den Rechenanlagen von Wasserkraftwerken grosse Mengen von Laub, Holz - aber auch von Zivilisationsmüll - an. Die Rechen werden manuell oder maschinell gereinigt. Das entnommene Material muss vom Betreiber entsorgt werden. Der Kraftwerksbetreiber ist deshalb daran interessiert, mit baulichen Massnahmen dafür zu sorgen, dass möglichst wenig Geschwemmsel in seine Fassung gelangt. Die entsprechenden baulichen Massnahmen dürfen jedoch nicht dazu führen, dass mehr Geschiebe in die Fassung gezogen wird.

### **7.2 Gesetzliche Grundlagen**

Das eidgenössische Gewässerschutzgesetz von 1991 regelt die Behandlung von Schwemmgut in Zusammenhang mit der Wasserkraftnutzung. Artikel 41 verlangt, dass Geschwemmsel, das einem Gewässer entnommen wird, fachgerecht zu entsorgen ist. Das bedeutet, dass alles Material - unabhängig von der Zusammensetzung -, das am Rechen anfällt, zu deponieren, zu kompostieren oder aber einer Kehrlichtverbrennungsanlage zuzuführen ist. Weiter verlangt Artikel 79, dass bauliche Massnahmen zum Einsammeln von Treibgut - soweit erforderlich - innerhalb von fünf Jahren durch den Inhaber der Stauanlage realisiert werden. Den Kantonen obliegt der Vollzug des Gewässerschutzgesetzes; diese können denn auch anlagenspezifische Ausnahmen bewilligen.

### **7.3 Zielsetzung des DIANE-Teilprojektes "Geschwemmselprobleme bei KWK"**

Aufgrund der oben geschilderten Ausgangslage stellen sich folgende Grundsatzfragen:

- Welche Probleme stellen sich hinsichtlich des Schwemmgutes bei verschiedenen KWK in verschiedenen Regionen der Schweiz?

- In welchen Abflussschichten wird das Geschwemmsel bevorzugt transportiert, und wie wird der Transport durch eine bestimmte Einlaufgeometrie beeinflusst?
- Mit welchen Massnahmen können die Strömungsverhältnisse im Einlaufbereich so verbessert werden, dass der Schwemmguteintrag reduziert werden kann und welches sind die betrieblichen und energetischen Auswirkungen?
- Welche Lösungsansätze sind ökonomisch und ökologisch vertretbar und bieten Hand für eine betrieblich tragbare Entsorgung des Schwemmgutes?
- Wie ist das Schwemmgut in der Regel zusammengesetzt, rsp. welche organischen (Laub, Holz, Fadenalgen, Gartenabraum, Kadaver etc.) oder anorganischen Fraktionen (im wesentlichen Abfälle) sind anteilmässig von Bedeutung?
- Welchen Anteil hat das Rechengut eines Kraftwerkes an der gesamten Geschwemmselfracht, rsp. wieviel organische Stoffe (Energie), Nähr- und Schadstoffe werden dem Gewässer bei Entnahme des Schwemmgutes entzogen?

Das DIANE-Teilprojekt über die Geschwemmselproblematik untersucht dabei schergewichtig folgende drei Punkte:

- Evaluation von ökologisch abgestützten wasserbaulichen Massnahmen zur Verringerung des Geschwemmsel-Eintriebes zwecks Verminderung der betrieblichen Aufwendungen im Bereich Schwemmgutentsorgung.
- Erfassung und Beurteilung des Stoffhaushaltes auf verschiedenen Anlagen in der Schweiz.
- Erfassung und Beurteilung der betrieblichen und energetischen Aspekte bei der Entsorgung von Geschwemmsel.

Oekologie und Wasserkraftnutzung bestehen vorerst als Konfliktbereiche. Das Projekt "Geschwemmselprobleme bei KWK" versucht, zwischen den Nutzen und Schutzinteressen Lösungen mit einem tragfähigen Konsens zu entwickeln.

#### **7.4 Literatur**

Zum Thema Schwemmgut sind bisher vergleichsweise wenige Untersuchungen durchgeführt worden, ein wesentlicher Beitrag wird das oben beschriebene Teilprojekt innerhalb des DIANE-Programmes liefern. Einen Einblick in die Problematik können folgende Publikationen geben:

**Chevalley, M.F. et al. (1981):** Etude pour l'élimination des débris flottants de la retenue de Verbois. Rapport final du groupe de travail.- Genève, 24 Seiten.

Diese Studie befasst sich mit der Herkunft, der Zusammensetzung und der Quantität des Schwemmgutes beim Kraftwerk Verbois sowie seiner Absonderung vom Fluss, dem Aussortieren, dem Transport und der Entsorgung. Es werden praktische Lösungen, der finanzielle Aufwand der Baumassnahmen sowie die jährlichen Kosten für die Schwemmgutbeseitigung aufgeführt. In französisch.

**Bretschko, G. & Klemens, W.E. (1985):** Erkenntnisse der Fließgewässerlimnologie und ihrer Bedeutung für die Problemkreise Dotationswassermenge und Schwemmgut. Studie der biologischen Station Lunz, Institut für Limnologie der österreichischen Akademie der Wissenschaften.- Oesterr. Verein zur Förderung von Kleinkraftwerken, Schriftenreihe Nr. 5: 25 Seiten.

Diese Schrift führt leicht verständlich in verschiedene Themen der Gewässerökologie ein, dargestellt anhand von konkreten Untersuchungen im Gebiet von Lunz (Oesterreich). Der Artikel zeigt die Problematik des Schwemmgutes auf, weist aber auch auf die diesbezüglich beträchtlichen Forschungslücken hin.

## 8. FREMDSTOFFE: SCHMIERMITTEL UND HYDRAULIKÖLE

Kleinwasserkraftwerke sind bezüglich Fremdstoffbelastung praktisch gewässerneutral. Neben den üblichen Risiken, die bei ihrem Bau bestehen, können jedoch bei unsachgemäßem Vorgehen und ungenügendem Maschinenunterhalt **Schmiermittel und Hydrauliköle** ein **Risiko** darstellen bzw. eine gewisse **Dauerbelastung** mit sich bringen.

Folgende Fremdstoffbelastungen können auftreten:

- Während Bauarbeiten an KWK bestehen Risiken der Gewässerverschmutzung, hauptsächlich bei fehlenden planerischen Vorkehrungen und unsachgemäßem Vorgehen (Wegspülen von Material, Verschmutzungen durch Erdarbeiten etc.).
- Bei der Lagerhaltung kann es zu Leckagen, Abfüllverlusten und Abspülungen durch Ueberflutungen kommen.
- Unsachgemäßes Reinigen von Baumaschinen kann die Gewässer verschmutzen.
- Bei Demontearbeiten besteht die Gefahr, dass der Inhalt von ölgefüllten Naben und Hydrauliksystemen sowie Lageröl ausläuft.
- Falsche Handhabung bei Inbetriebsetzungs- und Montgearbeiten kann zu Oelverlusten führen.
- Schäden an Leitungen, Dichtungen etc. können plötzliche oder kontinuierliche Verluste bewirken.
- Mit zunehmendem Alter verlieren Lager und Druckzylinder kleine Oel- resp. Fettmengen.
- Extreme Hochwasser können vermeintlich sichere Aufbewahrungsstellen von Betriebsmitteln (auch im Maschinenhaus) erreichen und diese abschwemmen.

Diese Risiken können durch folgende Vorkehrungen stark vermindert werden:

### **Bauvorgang:**

- \* Aufbewahren der Betriebsmittel ausserhalb des Hochwasserbereiches
- \* Einhaltung der üblichen gewässerhygienischen Vorsichtsmassnahmen und Vorkehrungen (gewässerpolizeiliche Vorschriften)

### **Bauauslegung:**

- \* Einbau eines Oelabscheiders bei der Maschinenhausentwässerung resp. im Pumpensumpf

- \* Die übliche Entwässerungsleitung des Maschinenhauses kann vor Ueberfluten schützen, bringt indessen das Risiko eines Abschwemmens schmierstoffverschmutzten Wassers. Die Leitung sollte in die ARA oder in einen geschlossenen Sumpf führen.

#### **Konstruktive Massnahmen bei Neumaschinen und Umbauten:**

- \* öl- und fettfreie (wartungsfreie) Zapfenlager (die Lager der Turbinen- und Generatorwelle bleiben dabei fett- oder ölgeschmiert). Ausnahme: Aller kleinste Turbinen mit wassergeschmierten Wellenlagern
- \* bei grösseren Maschinen entsprechende Ueberwachungen und Abschaltungsautomatismen
- \* wasser- statt ölgefüllte Naben (rostfreie Mechanik), insbesondere bei Achsialturbinen mit Laufradregulierung
- \* Verwendung von nachgewiesenermassen biologisch abbaubaren Oelen und Fetten
- \* ölhydraulische Systeme können durch elektromotorische, pneumatische oder wasserhydraulische Systeme ersetzt werden, was besonders bei kleinen Maschinen sinnvoll ist
- \* bei grossen Maschinen sind weitergehende Schutzmassnahmen möglich

#### **Lagerhaltung:**

- \* Anordnung des Lagerraumes ausserhalb der Höchstwassergrenze
- \* Gefässe vor Wegdriften und Kippen bei Ueberflutung schützen
- \* keine offene Gefässe herumstehen lassen, Deckel schliessen
- \* Anbringen von Oelauffangbecken unter den Behältern
- \* bei grösseren Oelabscheidern Pumpensumpf im Maschinenhaus statt Direktabfluss ins Gewässer

#### **Verluste bei Betrieb und Wartung:**

- \* regelmässige Reinigung von Maschinenhaus und Maschinen
- \* Installation von Oelauffangrinnen
- \* regelmässige Wartung von Dichtungen und Schläuchen
- \* Oelauffangbecken unter Hydraulikaggregat

## 9. SITUATION IN DEN FLIESSENDEN BEREICHEN VON KWK

### 9.1 Allgemeines

Als fliessende Bereiche können der Triebwasserkanal, die Ausleitungsstrecke, die Rückleitung des turbinieren Wassers und das Fließgewässer nach erfolgter Wasserrückgabe bezeichnet werden.

Gerade die Fließstrecken im Bereich von Kraftwerken wurden im Laufe der harten Gewässerverbauungen oftmals als Kanäle ausgebaut und sind teilweise biologisch wenig wertvoll. Im folgenden soll aufgezeigt werden, mit welchen Massnahmen solche Abschnitte wieder naturnah gestaltet werden können, ohne dass dadurch die Wasserkraftnutzung beeinträchtigt wird. Oft zeigt es sich, dass ein Ausbau mit Naturmaterialien sogar kostengünstiger zu stehen kommt. Holzverbauten, die dauernd überflutet sind, sind sehr langlebig - nicht umsonst wurden noch vor Generationen KWK-Kanäle und Weiher mit Holz befestigt. Allerdings benötigen Kanäle mit naturnahem Verbau wegen der geringeren zulässigen Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe mehr Land. Für diese Sektoren gelten die allgemeinen Grundsätze der heutigen Erkenntnisse des ingenieurbioologischen Wasserbaus (s. nachfolgendes Unterkapitel).

### 9.2 Eine alte Technologie neu entdeckt: Ingenieurbioologischer Wasserbau

Im ingenieurbioologischen Wasserbau wird hauptsächlich Lebendbau, oft kombiniert mit Totbau (kombinierte Bauweisen) angewendet:

#### Lebendbau

Als Lebendbau werden Bauweisen bezeichnet, für die **wuchsfähige Pflanzenteile oder Pflanzen** als Baustoffe verwendet werden. Durch den Lebendbau an Gewässern soll eine Pflanzendecke erhalten oder hergestellt werden, die nicht nur Ufer, Böschungen und Vorländer sowie Hänge sichert, sondern auch als ökologisch wertvoller Lebensraum wirkt.

Die Grundidee des Lebendbaus beruht auf der flächenhaften Sicherung des seitlichen Gewässerbettes durch ein tiefgestaffeltes, engmaschiges Wurzelwerk.

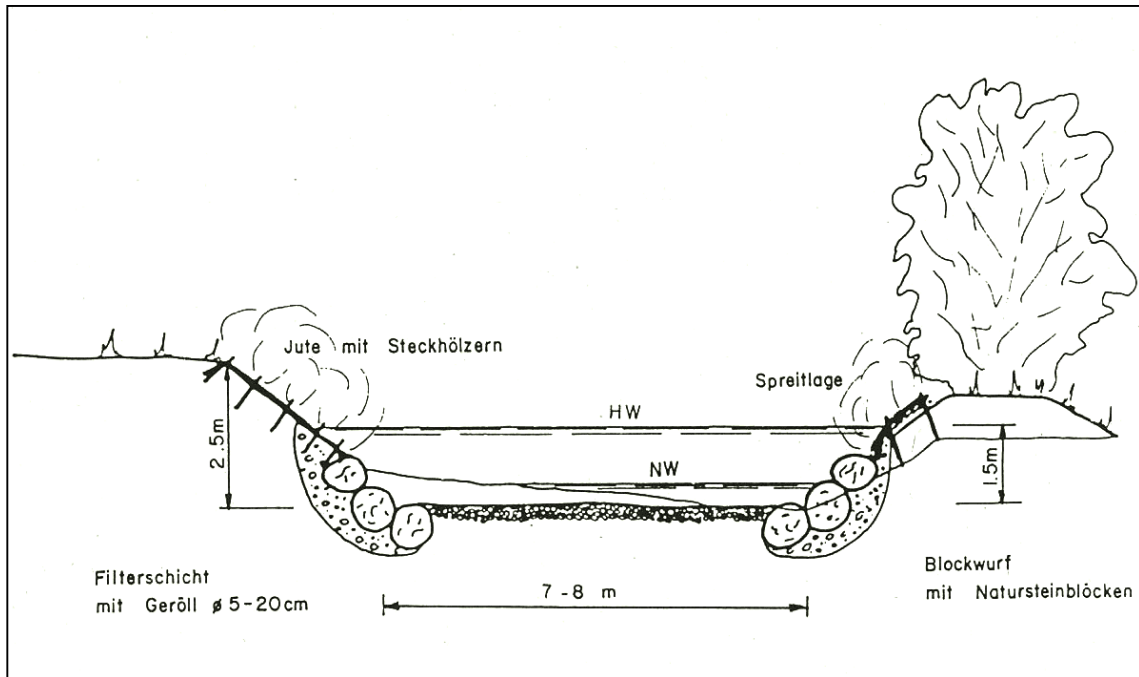
#### Totbau

**Ingenieurtechnischer Verbau** mit technisch-wirtschaftlicher Zielsetzung. Er benötigt wenig Platz, ist für jede Böschungsneigung anwendbar, kann bei grösster Beanspruchung eingesetzt werden und ist sofort nach Einbau wirksam. Neben den allgemein bekannten herkömmlichen Bauweisen mit **Beton**, mit **Steinen** oder mit **ausländischen Harthölzern**, werden heute in zunehmendem Mass neuartige Baustoffe wie **Bitumen, Kunststoffe und Metalle** eingesetzt.

Tote Baustoffe sollten aus ästhetischen und ökologischen Gründen nur an jenen Stellen im Gewässer eingebaut werden, an denen man Beschädigungen durch das Wasser nicht oder nicht ausschliesslich mit Lebendbaumassnahmen verhindern kann







**Abb. 8:** Beispiel einer ingenieurbioologischen Verbauung: Lüssl bei Brislach (BAUDIREKTION DES KT. BERN, 1988).

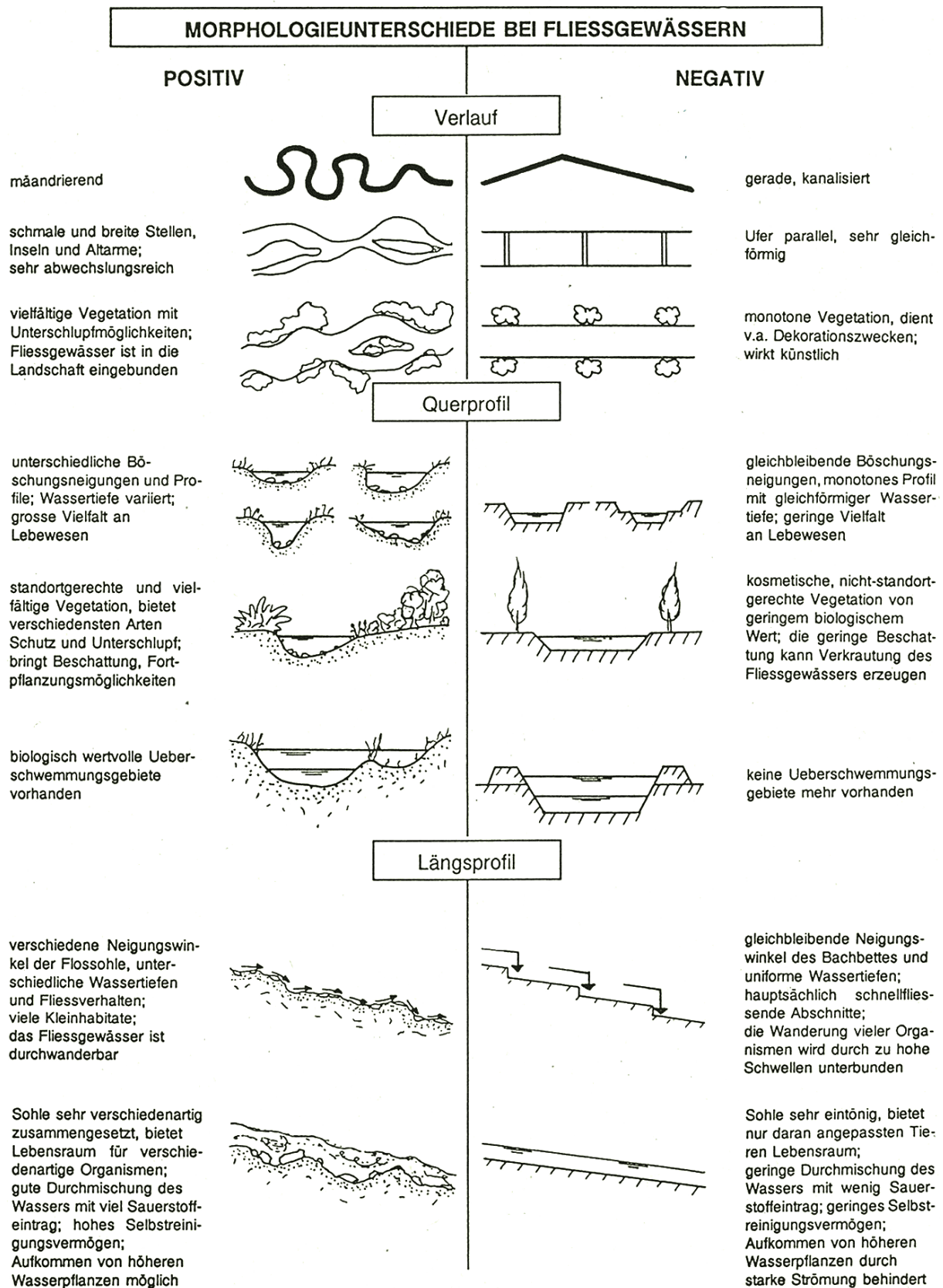
### 9.3 Spezialfall Ausleitungsstrecken (s. Abb. 10)

Entnahmestrecken weisen oft sehr unterschiedliche Wasserführungen auf: Während eines grossen Teiles des Jahres führen sie nur geringe Wassermengen (Restwasserstrecken). Meist dienen sie aber gleichzeitig auch als Entlastungsstrecken für Spitzenabflüsse (Hochwasser, Spülungen). Deshalb wurden sie früher meist nur bezüglich der Hochwassersicherheit angelegt. Ein solches Profil ist für die meist vorhandene, niedrige Wasserführung zu breit. Die benetzte Fläche ist deshalb oft zu wenig tief, um eine biologische Vielfalt zu ermöglichen.

Solche Entnahmestrecken können durch den Bau eines **Doppelprofils** verbessert werden:

- Auf der einen Seite wird ein naturnahes, genügend breites Profil ausgebildet, welches die **Hochwassersicherheit** gewährleistet, bei Normalabfluss jedoch kaum benetzt ist.
- Innerhalb dieses Profiles werden zudem **Niedrigwasserrinnen bzw. Niedrigwassermäander** angeordnet, in welchen das Wasser bei Restwasser mit einer genügenden Tiefe und Geschwindigkeit fließen kann, um der Flora und Fauna standorttypische Bedingungen bieten zu können und einen Geschiebetrieb zu gewährleisten. Durch das Einbringen von entsprechenden, ausreichend fixierten Grosssteinen oder Grosssteingruppen ("Lenksteine") kann garantiert werden, dass sich das Fließgewässer nach Rückgang des Hochwassers dieses Bett selber wieder erodiert.

**Abb. 9:** Positive und negative Beispiele von Fließgewässern bzw. Eingriffen in das aquatische Ökosystem (nach LACHAT, 1991).



In Fällen von hart verbauten und in enge Querschnitte gedrängten Gewässern kann die Reduktion der Wasserführung zusammen mit den genannten Gestaltungsmassnahmen zu einer **naturnäheren** Situation und einem vielfältigeren Wasser- und Uferleben führen. Wenn beispielsweise eine Situation mit kleinen Mäandern, Schnellen und Gumpen sowie überfluteten Kiesbänken angeordnet werden kann, so kann das Entnahmegewässer innerhalb der bestehenden Dämme ein massstäblich verkleinertes Abbild des ursprünglich unbeeinflussten Gewässers werden und eine annähernd gleiche ökologische Vielfalt ausweisen. Für die **Optimierung** von Gestaltungsmassnahmen, der ökologischen Vielfalt und von Energieproduktionseinbussen aufgrund des Restwassers gibt es wissenschaftliche Methoden.

Damit sich die Lebensvielfalt in der Entnahmestrecke gut entwickeln und erhalten kann, ist ein ökologisch rücksichtsvoller Betrieb zu führen, insbesondere was Spülungen und Schwälle betrifft.

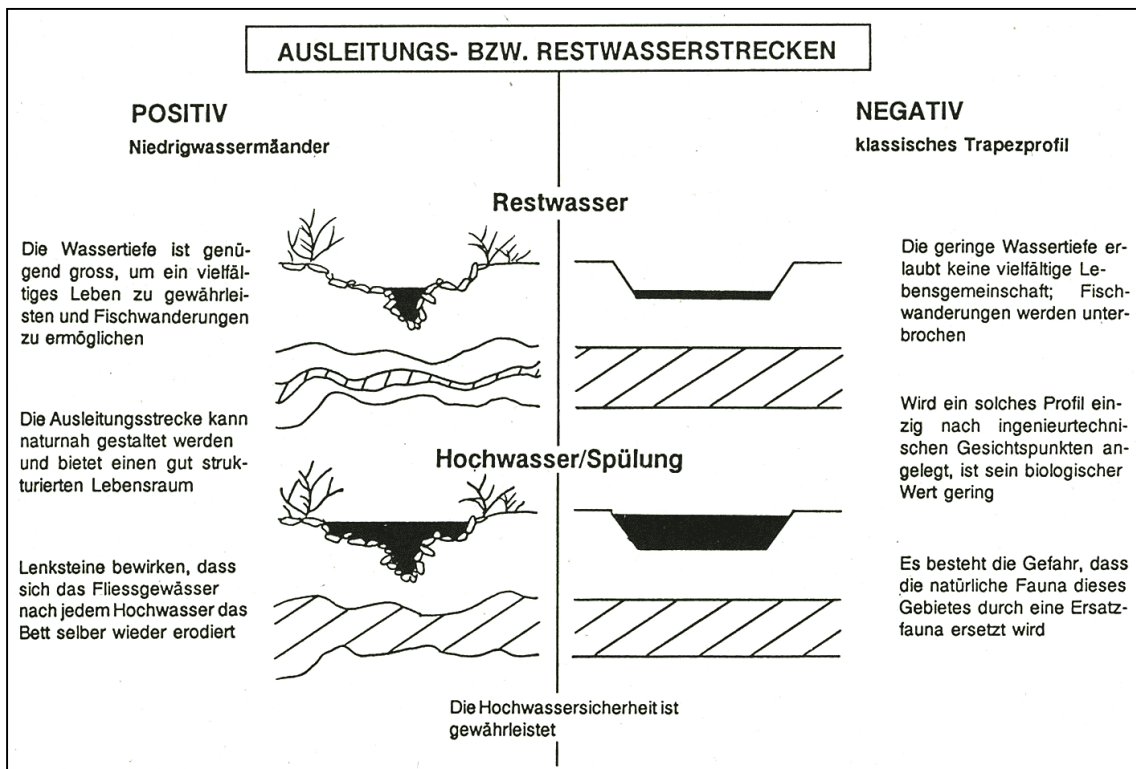


Abb. 10: Positive und negative Beispiele von Ausleitungsstrecken.

#### 9.4 Triebwasserstrecken und Speicherräume als Lebensraum?

Unter der Voraussetzung, dass sich der Wasserspiegel in Weihern und Triebwasserstrecken nicht zu stark verändert (z.B. durch Tagesspeicherbetrieb), und sie durch Lebendbau naturnah gestaltet sind, kann sich in diesen Bereichen eine vielfältige Flora und Fauna ausbilden.

Die Problematik des naturnahen Wasserbaus besteht darin, dass wegen des Landbedarfes relativ tiefe Kanäle und hohe Fließgeschwindigkeiten angestrebt werden, was oft harte Verbauungen erforderlich macht. Zudem dürfen die Sohle und die Ufer bei Kanälen mit hohen Fließgeschwindigkeiten resp. engen Querschnitten wegen Gefällsverlusten nicht zu rauh ausgebildet sein. Erleichternd ist auf der anderen Seite die Tatsache, dass die Kanäle im Gegensatz zum Gewässer keinen extremen Hochwässern standhalten müssen.

Es muss daher nach **ökonomisch tragbaren Kompromissen** zwischen Landbedarf, Gefällsverlusten, Dauerhaftigkeit und ökologisch-ästhetischen Werten gesucht werden.

#### 9.5 Situation in der Schweiz

In der Schweiz sind heute in den meisten Kantonen grosse Bestrebungen im Gange, Flüsse und Bäche wieder naturnäher zu gestalten bzw. unter die Erde verlegte Wasserläufe wieder an die Oberfläche zu legen. Gerade auch in kleinen Gemeinden, welche solche Bäche oft in Fronarbeit selber pflegen und alte Wasserräder oft auch noch zu Demonstrationszwecken einsetzen, werden grosse derartige Anstrengungen unternommen (Beispiel Projekt Mühlebach, Schnottwil, SO). Auch bei neu erbauten Anlagen wird heute darauf geachtet, das Fließgewässer im Bereich der Kraftwerke naturnah zu gestalten, was nicht nur Vorteile für die Gewässerökologie mit sich bringt, sondern auch positive ästhetische Aspekte hat und Erholungsraum für den Menschen schaffen kann (Beispiel KW Tiergarten, Burgdorf, KW Roggwil, BE).

#### 9.6 Literatur

Es gibt sehr viele Publikationen, die sich mit den Entwicklungen bzw. mit den verschiedenen Methoden des Wasserbaus beschäftigen. Folgende fünf Publikationen können einen diesbezüglich guten Ueberblick liefern:

**Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau (DVKW), (1984):** Oekologische Aspekte bei Ausbau und Unterhaltung von Fließgewässern.- DVKW-Merkblätter 204, Verlag Paul Parey, 188 Seiten.

Allgemeine Angaben über das Ökosystem Fließgewässer, ausführliche Beschreibungen von ökologischen Bauweisen sowie Pflegemassnahmen an derart umgebauten Gewässern. 28 konkrete Diskussionsbeispiele mit Photos, Plänen und ausführlichen Beschreibungen der Gestaltungsmassnahmen.

**Baudirektion des Kantons Bern (Hrsg.), (1988):** Ingenieurbiologische Uferverbauungen. Bauweisen und Beispiele im Kanton Bern.- Bern, 48 Seiten.

Ausführliche und konkrete Beschreibung von 17 Fluss- und Bachabschnitten im Kanton Bern, die mit ingenieurbiologischen Methoden umgebaut wurden. Mit Kommentaren, Skizzen, Plänen und Photos.

**Drobir, H. & Hofer, B. (1988):** Mäandrierung in Restwasserstrecken.- Internationales Symposium Interprävent 1988 in Graz, Tagungspublikation, Band 4, Seiten: 133-149.

Es wird anhand der Tiroler Gail, welche eine für Hochwasserabflüsse ausgebaute Restwasserstrecke aufweist, gezeigt, wie mit Hilfe von alternierenden Kiesbänken eine mäandrierende Niederwasserrinne geschaffen werden kann. Die zur Bildung von alternierenden Kiesbänken führenden hydraulischen Voraussetzungen werden aufgezeigt. Die beschreibende Darstellung ist leicht verständlich, während sich der zweite Teil (konkrete Berechnungen) an Fachleute richtet.

**Direktion der öffentlichen Bauten des Kantons Zürich, Amt für Gewässerschutz und Wasserbau (Hrsg.), (1989):** Kanton Zürich: Wiederbelebungsprogramm für die Fliessgewässer.- Sonderdruck Nr. 1188 aus Gas - Wasser - Abwasser 89/11.

Es wird von verschiedener Seite das Vorgehen bei diesem Projekt geschildert (politische und finanzielle Situation, Organisation, Kartierung und Ausscheidung der Gewässer, Planung der Wiederbelebung, gewässerbiologische Erkenntnisse, Arbeitsprotokolle, Detailprojekte etc.). Mit vielen Beispielen, Photos, Karten und Skizzen.

**Lachat, B. (1991):** Le cours d'eau. Conservation, entretien et aménagement.- Conseil de l'Europe, Strasbourg, série aménagement et gestion n° 2, 84 Seiten.

Beschreibung des Ökosystems Fliessgewässer mit seiner Fauna und Flora, Bedeutung dieser Lebensräume für den Menschen, Beschreibung der ingenieurtechnischen und -biologischen Massnahmen, Auflisten der jeweiligen Vor- und Nachteile, Unterhaltsarbeiten. In französischer Sprache.

## 10. ÖKOLOGISCH-ÖKONOMISCHE GESAMTOPTIMIERUNG

---

Lokalbegehungen und Projektdurchsichten von KWK haben ergeben, dass bei ökologischen Massnahmen selten untersucht wird, ob mit demselben Mitteleinsatz mit anderen Massnahmen an einem anderen Ort ein grösserer ökologischer Nutzen erzielt werden könnte - wie es bei Grossprojekten im Rahmen der Planung der ökologischen Ausgleichsmassnahmen durchaus üblich ist.

Gesetzliche Möglichkeiten sind vorhanden, da die Gesetze zum Grossteil genügend Interpretationsspielraum lassen oder im Falle sehr konkret oder eng formulierter Auflagen Ausnahmeregeln enthalten, welche eine örtliche oder in bestimmten Fällen auch eine materielle Verschiebung der Schutzmassnahmen zulassen: z.B. Gewässerschutzgesetz Art. 32c über Restwasser.

Grundsätzlich bietet sich für solche Gesamtoptimierungen die gesamte Palette von Schutz- und Ausgleichsmassnahmen an: Nutzungsverzicht und Renaturierung an anderen Orten, Erstellen der Fischgängigkeit an anderen Stellen mit wertvolleren und längeren erschlossenen Gewässerstrecken usw.

In diesem Bereich fehlen noch praxisorientierte Grundlagen, wie z.B. die Dokumentation von konkreten Projekten und Erfahrungen, die Auflistung von Möglichkeiten sowie Beurteilungshilfen. Da das Vorgehen nicht einfach ist und in bestimmten Fällen Besitztümer, Wasserrechte usw. ausserhalb des Einflussbereiches der Bauherren und Betreiber betroffen sind, ist eine **aktive Rolle der Behörden** für den Erfolg einer solchen weitgreifenden ökologischen Begleitplanung sehr wichtig.

Solche Untersuchungen laufen leicht aus dem Rahmen der eigentlichen Zielsetzung der ökologisch-energiewirtschaftlichen Optimierung hinaus. Kosten und Zielsetzung müssen deshalb im Auge behalten werden.

# **ANHANG 1**

## **Literaturverzeichnis**





# LITERATURVERZEICHNIS

## a) EINLEITUNG/ALLGEMEINES

**BILLETER, P. (1991):** Strömungsbedingte Schwingungen. Messungen an einer Wehrschütze des Kraftwerks Eglisau.- Wasser, Energie, Luft, 9: 241-250.

**BANCHER, E. (Gesamtschriftleitung) (1981):** Kleinkraftwerke.- Schriftenreihe der Technischen Universität Wien, Wien/New York.

**BODENMANN, H. (1990):** Sohlausbaggerung im Oberwasser des Rheinkraftwerks Säckingen.- Wasser, Energie, Luft, 11/12: 332-335.

**DIREKTION DER ÖFFENTLICHEN BAUTEN DES KANTONS ZÜRICH (1991):** Frühindustrielle Wasserkraftanlagen im Zürcher Oberland.- Schweizer Ingenieur und Architekt, Sonderdruck aus den Heften 3/91, 6/91, 21/91: 1-16.

**EIDGENÖSSISCHES VERKEHRS- UND ENERGIEWIRTSCHAFTSDEPARTEMENT, BUNDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1987):** Kleinwasserkraftwerke in der Schweiz, Teil III.- Mitteilung Nr. 2, Bern.

**ENVICO, (1992):** Gewässerökologische Anforderungen an Wasserfassungen. Berichterstattung über die Voruntersuchung.- Im Auftrag vom BUWAL, Abt. Gewässerschutz und Fischerei, Zürich, 19 pp.

**ERZ, W. (Hrsg.)(1975):** Naturschutz und Gewässerausbau. Jahresfachtagung 13.-15. Oktober 1975 in Mannheim.- Jb. Natursch. Landschaftspf. 24, Bonn-Bad Godesberg.

**FUHRMANN, C. (1991):** Ein Beitrag zur Beurteilung über den Revitalisierungsbedarf von alten Wasserkraftanlagen.- Dissertation, Technische Universität Wien, 152 pp.

**GILG, B. (1981):** Kleinkraftwerke in der Schweiz.- Schriftenreihe der Technischen Universität Wien, Wien/New York: 5-14.

**HOFMANN, H. (1990):** Unser Wasser - Welche Chance hat es? - Wasser, Energie, Luft, 7/8: 163-166.

**JAEGER, P. (1986):** Kleinkraftwerke und Fischerei.- Oesterreichische Fischerei, 39: 246-255.

**JUNGWIRTH, M. & MUHAR, S. (1991):** Gutachten zu möglichen Auswirkungen von Kleinwasser-Kraftanlagen auf Fliessgewässer-Oekosysteme.- Gutachten für den Landesfischereiverband Baden-Württemberg, Wien, 15 pp.

**KARL, J. (1979):** Oekologische Probleme bei der Nutzung alpiner Gewässer zur Energiegewinnung.- Jb. Ver. Schutz der Bergwelt, 44: 119-135.

**KIRCHHOFER, A., ZAUGG, B. & PEDROLI, J.-C. (1990):** Rote Liste der Fische und Rundmäuler der Schweiz.-CSCF, Neuchâtel, 23 pp.

**KONOLD, W. (1984):** Zur Oekologie kleiner Fliessgewässer. Verschiedene Ausbauarten und ihre Bewertung.- Agrar- und Umweltforschung in Baden-Württemberg, Stuttgart, 262 pp.

**LUGMAYR, F. (1983):** Fischereiliche Vorstellungen bei der Errichtung von Wasserkraftanlagen (besonders bei Ausleitungskraftwerken) aus der Sicht des Fischereisachverständigen.- Oesterreichs Fischerei, 11/12: 265-268.

**MANGELSDORF, J. & SCHEURMANN, K. (1980):** Flussmorphologie. Ein Leitfaden für Naturwissenschaftler und Ingenieure.- Oldenbourg.

**MARTI, J. (1987):** Die Umweltverträglichkeit von Kleinwasserkraftwerken.- Wasser, Energie, Luft, 5/6: 81-84.

**OLSON,F.W. et al. (editors):** Symposium on small hydropower and fisheries. American fisheries society, Aurora, Colorado: 497 pp.

**PECHLANER, R. (1989):** Oekologische Auswirkungen von Wasserableitungen auf Gebirgsbäche.- Bayer. Landesamt für WW, München, Inf.-Ber. 1/89.

**PEDROLI, J.-C., ZAUGG, B. & KIRCHHOFER, A. (1991):** Verbreitungsatlas der Fische und Rundmäuler der Schweiz.- CSCF, Neuchâtel, 207 pp.

**STROBL, T. (1992):** Nutzung der Wasserkraft in Bayern.- Wasserwirtschaft 82(11): 540-547.

**V. KÄNEL, A. (1991):** Fliessgewässer im Kanton Bern. Lebensräume und Oekologie bernischer Bäche und Flüsse.- Hrsg: Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern, Bern, 40 pp.

**WEBER, G. (1990):** Das Umbaupotential der Wasserkraftanlagen in der Schweiz.- Wasser, Energie, Luft, 3/4: 74-75.

## **b) RECHTLICHE SITUATION**

**MUELLER, J.P. (1990):** Die Beschränkung der Wasserkraftnutzung im Interesse des Landschaftsschutzes.- Gutachten im Auftrag des BUWAL. Bern, BUWAL.

## **c) AUFSTIEGSHILFEN/UMGEHUNGSGERINNE/FLUSSKONTINUUM**

**DVWK (1996):** Fischaufstiegsanlagen - Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle.- Merkblätter zur Wasserwirtschaft Nr. 232.

**GOSSE, C., LARINIER, M., PORCHER, J.P. & TRAVADE, F. (1994):** Passes à poissons. Expertise, conception des ouvrages de franchissement.- Conseil supérieur de la pêche, Paris.

**GREGOIRE, A. & TRAVADE, F. (1987):** L'expérience EDF dans le domaine des passes à poissons: conception et suivi d'efficacité.- La Houille Blanche no. 1/2: 65-72.

**JENS, G. (1971):** Funktion, Bau und Betrieb von Fischpässen. Richtlinien für die Anlegung von Fischtrepfen an Stauanlagen.- Arch. Fisch Wiss., 22(1): 1-30.

**JENS, G. (1982):** Der Bau von Fischwegen. Fischtrepfen, Aalleitern und Fischschleusen.- P. Parey, Hamburg, Berlin, 93 pp.

**JUNGWIRTH, M. (1986):** Lauf- und Ausleitungskraftwerke aus hydrobiologischer Sicht.- in: KEMMERLING, W., Wien: 71-96.

**LAMPERT, W. & LINK, W. (1971):** Markierungsversuche und Aufstiegskontrollen an Staustufen des Hochrheins in den Jahren 1947-1952.- Arch. Hydrobiol./Suppl. 38(3): 315-335.

**LARINIER, M. (1977):** Les passes à poissons.- CTGREF, Etude N° 16, 136 pp.

**LARINIER, M. (1978):** Les passes à poissons.- La pêche illustrée, numéro hors série, janvier 1978, 550 bis: 5-32.

**LARINIER, M. (1983):** Guide pour la conception des dispositifs de franchissement des barrages pour les poissons migrateurs.- Bull. fr. Piscic., numéro spécial, 39 pp.

**LARINIER, M. (1986):** Les passes à poissons: méthodes et techniques générales.- Société hydrotechnique de France, Agence de Bassin Loire-Bretagne, Comité technique, Session n° 131: 1-18.

**LARINIER, M. & TRIVELLATO, D. (1987):** Etude sur modèle réduit de la passe à poissons du barrage de Bergerac sur la Dordogne.- La Houille Blanche, no. 1/2: 135-141.

**PELZ, G.R. (1985):** Fischbewegungen über verschiedenartige Fischpässe am Beispiel der Mosel.- Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, 76: 190 pp.

**REISER, D.W. & PEACOCK, R.T. (1985):** A technique for assessing upstream fish passage problems at small-scale hydropower developments.- in: OLSON, F.W. et al. (editors): Symposium on small hydropower and fisheries. American fisheries society, Aurora, Colorado: 423-432.

**STEINMANN, P. (1937):** Die Wanderungen unserer sogenannten Standfische in Fluss und Strom.- Rev. Suisse Zool. 44(28): 405-409.

**TRAVADE, F., DARTIGUELONGUE, J. & LARINIER, M. (1987):** Dévalaison et franchissement des turbines et ouvrages énergétiques: l'expérience EDF.- La Houille Blanche, no. 1/2: 125-133.

**TRAVADE, F. & LARINIER, M. (1990):** Migration d'avalaison - problèmes - dispositifs.- Seminar über Fischaufstiegshilfen in Lichtenstein, unveröffentlicht, 8 pp.

**TRAVADE, F. et al. (1989):** Use of radiotracking in Fance for recent studies concerning the E.D.F. fishway program.- Hydroécol. Appl. 1/2: 33-51.

**VISCHER, D. (1991):** Sind Fischtrepfen noch aktuell? Ist ihre Entwicklung abgeschlossen?.- Wasser, Energie, Luft, 5/6: 168-172.

**WEA (1993):** Leitfaden für den Bau von Fischwegen.- Bern, 41 pp.

**WILKE, H. (1970):** Absturzbauwerke und Fischaufstieg.- Wasser und Boden, 22(12): 352-354.

**ZAUGG, C. & PEDROLI, J.-C. (1991):** Konzeption und Bau von Fischaufstiegshilfen.- Baublatt, Nr. 25: 2-5.

#### **d) RESTWASSER / BENETZTE FLÄCHE**

**AKERET, E. (Vorsitz) (1982):** Schlussbericht der interdepartementalen Arbeitsgruppe Restwasser.- Bern, 401 pp.

**BLASCHKE, H., MIKSCH, R. & PAMMER, F. (1981):** Zum Restwasserproblem bei Kleinkraftwerken.- ÖN-IAD Workshop, Scharfling, Salzburg, 24 pp.

**BUNDI, U. et al. (1989):** Combien d'eau résiduelle faut-il aux organismes des eaux courantes?- Nouvelles de l'EAWAG 27: 16-20.

**BUNDI et al. (1989):** Wasserentnahme aus Fliessgewässern: Gewässerökologische Anforderungen an die Restwasserführung. Kurzbericht der Restwassergruppe EAWAG über eine Studie zur Erarbeitung ökologischer Kriterien für die Beurteilung und das Festlegen von Restwassermengen in Fliessgewässern.- Schriftenreihe Umweltschutz, Nr. 110, BUWAL, Bern.

**DROBIR, H. & HOFER, B. (1988):** Mäandrierung in Restwasserstrecken.- Internationales Symposium Interprävent 1988 (Graz), Tagungspublikation, 4: 133-149.

**GORE, J.A. (1977):** Reservoir manipulations and benthic macroinvertebrates in a prairie river.- Hydrobiologia, 55(2): 113-123.

**HAINARD, P., BRESSOUD, B., GIUGNI, G. & MORET, J.-L. (1987):** Incidence de la réduction du débit des cours d'eau sur la flore et la végétation.- Les cahiers de l'environnement, Office fédéral de la protection de l'environnement, No 72, 65 pp.

**HEEG, H. & MOOG, O. (1986):** Der Einfluss von Wasserableitungen auf das Benthos des Landeckbaches im Osttirol (Oesterreich).- Ber. nat.-med. Verein Innsbruck, 73: 199-214.

**INFORMATIONSDBERICHTE BAYERISCHES LANDESAMT WASSERWIRTSCHAFT (1989):** Wasserwirtschaft und Naturhaushalt - Ausleitungsstrecken bei Wasserkraftanlagen.- Int. Symp. 19. und 20.1.1989. Veranstalter: Landesgruppe Bayern im DVWK, 316 pp.

**KIEFER, B. & SCHÄLCHLI, U. (1991):** Festlegung ökologisch angemessener Restwasserabflüsse. Pilotprojekt der Kraftwerke Brusio AG im oberen Puschlav.- Wasser, Energie, Luft, 9: 261-264.

**LEPETIT, J.P. et al. (1988):** Retenues et faune piscicole: débits réservés et transit des poissons migrateurs.- Commission internationale des grands barrages, seizième congrès des grands barrages, San Francisco: 719-750.

**SCHÄLCHLI, U. (1991):** Morphologie und Strömungsverhältnisse in Gebirgsbächen: Ein Verfahren zur Festlegung von Restwasserabflüssen.- Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich. Mitt. der VAW, Nr. 113 (Herausgeber D. VISCHER).

## e) SPÜLUNGEN

**ALABASTER, J.S. & LLOYD, R. (1980):** Water quality criteria for freshwater fish.- FAO, 297 pp.

**ANDERSON, N.H. & LEHMKUHL, D.M. (1967):** Catastrophic drift of insects in a woodland stream.- Ecology, 49(2): 198-206.

**AQUARIUS (1992):** Wasserqualität der Bünz zwischen Wohlen und der Einmündung in die Aare.- Fischereibiologisches Gutachten im Auftrag des Baudepartementes des Kantons Aargau, 58 pp (unveröffentlicht).

**BÄCHTIGER, O. (1981):** Auflandungsprobleme in drei Ausgleichsbecken der Kraftwerke Linth-Limmern.- Internationale Fachtagung über Verlandung von Flusstauhaltungen und Speicherseen im Alpenraum. Mitt. Nr. 53 der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich: 149-155.

**BUWAL (1994):** Oekologische Folgen von Stauraumpülungen. Empfehlungen für die Planung und Durchführung spülungsbegleitender Massnahmen.- Schriftenreihe Umwelt Nr. 219, Fischerei, 47 pp.

**EINSELE, W. (1963):** Schwere Schädigungen der Fischerei und der biologischen Verhältnisse im Mondsee durch Einbringung von lehmig-tonigem Berg-Abraum. Der spezielle Fall und seine allgemeine Lehren.- Österreichs Fischerei, 1: 1-9.

**FANKHAUSER, U. (1991):** Abfangen von künstlich erzeugten, übermässigen Schwebstoffbelastungen in Gewässern.- Wasser, Energie, Luft, 7/8: 209-210.

**FOUILLOUX, A. (1980-81):** Les vidanges du fond du barrage de Gebidem sur la Massa: douze ans d'exploitation.- Bulletin technique Vevey: 57-77.

**GARTMANN, R. (1990):** Spülungen und Entleerungen von Stauseen und Ausgleichsbecken.- Wasser, Energie, Luft, H.1/2: 33-36.

**HEUTSCHY, B. (1992):** Verlandungsausräumung Eugenisee 1990. Bericht über die Auswirkungen auf das Kraftwerk Obermatt der EWLE AG.- EWLE AG, 10 pp.

**KRUMDIECK, A. & CHAMOT, P. (1981):** Spülung von Sedimenten in kleinen und mittleren Speicherbecken.- Internationale Fachtagung über Verlandung von Flussstauhaltungen und Speicherseen im Alpenraum. Mitt. Nr. 53 der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich: 257-270.

**LIEPOLT, , R. (1961):** Biologische Auswirkung der Entschlammung eines Hochgebirgstausees in einem alpinen Fließgewässer.- Wasser und Abwasser: 110-113.

**MÜLLER, R. & HUGGENBERGER, P. (1992):** Verlandungsausräumung Eugenisee 1990. Bericht über die Untersuchungen im Zusammenhang mit der Spülung des Eugenisees OW.- EAWAG, Auftrag Nr. 4725, 113 pp.

**NEWCOMBE, C.P. & MAC DONALD, D.D. (1991):** Effects of suspended sediments on aquatic ecosystems.- North. Am. J. Fish. Mgmt. 11: 72-82.

**TEBO, L.B. (1955):** Effects of siltation, resulting from improper logging, on the bottom fauna of small trout stream in the southern Appalachians.- The progressive Fish-Culturist: 64-70.

**U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1976):** Quality criteria for water.- Washington, 256 pp.

**VISCHER, D. (1981):** Verlandungen von Flussstauhaltungen und Speicherseen. Einführung in das Thema.- Internationale Fachtagung über Verlandung von Flussstauhaltungen und Speicherseen im Alpenraum. Mitt. Nr. 53 der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich: 8-25.

#### **f) SCHWALLBETRIEB**

**AMMANN, M. (1993):** Das durch Wasserkraftnutzung veränderte Abflussregime eines alpinen Fließgewässers und dessen Auswirkungen auf das Makrobenthos.- Dissertation ETH Zürich.

**ANDERSON, N.H. & LEHMKUHL, D.M. (1968):** Catastrophic drift of insects in a woodland stream.- Ecology, 49(2): 198-206.

**BRETSCHKO, G. & MOOG, O. (1990):** Downstream effects of intermittent power generation.- Wat. Sci. Tech., 22: 127-135.

**BROOKER, M.P. & HEMSWORTH, R.J. (1978):** The effects of release of an artificial discharge of water on invertebrate drift in the R. Wye, Wales.- *Hydrobiologia*, 59: 155-163.

**JUNGWIRTH, M., MOOG, O. & SCHMUTZ, S.:** Auswirkungen der Veränderungen des Abflussregimes auf die Fisch- und Benthosfauna anhand von Fallbeispielen.

**MINSHALL, G.W. & WINGER, P.V. (1968):** The effect of reduction in stream flow on invertebrate drift.- *Ecology*, 49(3): 580-582.

## **g) STAURAUM**

**BINDER, W. (1986):** Beispiele zur Stauraumgestaltung aus Bayern.- in: KEMMERLING, W., Wien: 307-341.

**GILNREINER, G. (1986):** Strukturierung von Stauräumen.- in: KEMMERLING, W., Wien: 271-306.

**GMEINHART, W. (1986):** Umsetzung von naturnahen Massnahmen bei der Gestaltung der Stauräume der Kraftwerke an der mittleren Salzach.- in: KEMMERLING, W., Wien: 343-371.

**KEMMERLING, W. (1986):** Naturnahe Gestaltung von Stauhaltungen. 5. Seminar Landschaftswasserbau a. Techn. Universität Wien.- Wien, Inst. für Wassergüte und Landschaftswasserbau, 1986, 4105, Landschaftswasserbau Band 7.

**LANSER, O. (1961):** Gliederung und Morphologie der Stau- und Speicherseen.- *Wasser und Abwasser*, Bd. 1961: Zur Limnologie der Speicherseen und Flusstäue, 13-34, Wien.

**REICHHOLF-RIEHM, H. & REICHHOLF, J.H. (1986):** Oekologische Einbindung von Stauräumen in die Landschaft.- in: KEMMERLING, W., Wien: 51-69.

**ROGGWILLER, B. (1990):** Schutz natürlicher Böschungen von Flusstauhaltungen.- *Wasser, Energie, Luft*, 1/2: 15-16.

**SCHACHT, H. (1986):** Landschaftsökologische Vernetzung von Stauhaltungen mit dem Umland.- in: KEMMERLING, W., Wien: 207-219.

**USRAEL, G. (1986):** Wassergüteprobleme in Stauräumen.- in: KEMMERLING, W., Wien: 249-269.

**WEBER, E. (1973):** Auswirkungen durch Stauhaltungen und sonstiger technischer Einrichtungen auf den Gewässerhaushalt.- *Arch. Hydrobiol./Suppl.*, 44 (Donauforschung 5), 184-198.

**h) SCHWEMMGUT**

**BRETSCHKO, G. & KLEMENS, W.E. (1985):** Erkenntnisse der Fließgewässerlimnologie und ihrer Bedeutung für die Problemkreise Dotationswassermenge und Schwemmgut. Studie der biologischen Station Lunz, Institut für Limnologie der österreichischen Akademie der Wissenschaften.- Schriftenr. Oesterr. Verein Förder. Kleinkraftw.: 1-25.

**CHEVALLEY, M.F. et al. (1981):** Etude pour l'élimination des débris flottants de la retenue de Verbois. Rapport final du groupe du travail.- Genève, 24 pp.

**MORF, J. (1975):** Probleme der Geschwemmselbeseitigung bei Wasserkraftanlagen am Beispiel von Aare und Rhein.- Wasser- und Energiewirtschaft, Nr. 1/2.

**SCHWÖRBEL, J., PUSCH, M. & PUSCH, M.H.E. (1991):** Bedeutung von partikulärem organischem Material (potentiellem Schwemmgut) in Fließgewässern. Limnologisches Fachgutachten.- Universität Konstanz, 32 pp.

**i) WASSERBAU**

**ANSELM, R. (1986):** Bauweisen und Kosten naturnaher Umgestaltung.- Mitt. Inst. f. Wasserbau und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe, H. 174: 97-130.

**BAUDIREKTION DES KANTONS BERN (1988):** Ingenieurbiologische Uferverbauungen. Bauweisen und Beispiele im Kanton Bern.- Bern, 48 pp.

**BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (Hrsg.) (1987):** Grundzüge der Gewässerpflege - Fließgewässer.- Schriftenr. Bayer. Landesamt Wasserwirtschaft, H. 21: 112 pp.

**BINDER, W. (1979):** Grundzüge der Gewässerpflege.- Schriftenr. Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft, H. 10, München.

**BINDER, W. (1989):** Planungskonzepte zur Gewässerentwicklung in Ausleitungsstrecken.- Bayer. Landesamt f. WW., München, Inf.-Bericht 1/89.

**BÖHLEN, B. (Hrs) (1983):** Die Geschichte der Gewässerkorrekturen und der Wasserkraftnutzung in der Schweiz.- 9. Internationale Fachmesse und Fachtagungen für Umweltschutz, Wasser, Abwasser, Abfall, Luft, Lärm, Pro Aqua, Basel.

**BRETSCHNEIDER, H., LECHER, K. & SCHMIDT, M. (HRSG.)(1982):** Taschenbuch der Wasserwirtschaft.- P. Parey, Hamburg und Berlin, 951 pp.

**BÜRKLE, F. (1986):** Morphologische Vorgänge und deren Bedeutung bei ausgebauten Fließgewässern für die naturnahe Umgestaltung - Beispiele aus Baden-Württemberg.- Mitt. Inst. f. Wasserbau und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe, H. 174: 35-54.



**CHERVET, A. & WEISS, H.W. (1990):** Sohlenstabilisierung mit Blockrampen.- Schweizer Ingenieur und Architekt, Heft 42.

**DEPARTEMENT FEDERAL DE L'INTERIEUR (1969):** Directives concernant les mesures pour protéger la pêche lors des corrections de cours d'eau.- Bern.

**DEUTSCHER RAT FÜR LANDSCHAFTSPFLEGE (1989):** Wege zu naturnahen Fliessgewässern. Gutachtliche Stellungnahme und Ergebnisse eines Kolloquiums des Deutschen Rates für Landespflege.- Schriftenr. des deutschen Rates für Landespflege, Heft 58.

**DIREKTION DER ÖFFENTLICHEN BAUTEN DES KANTONS ZÜRICH, AMT FÜR GEWÄSSERSCHUTZ UND WASSERBAU, Hrsg. (1989):** Kanton Zürich: Wiederbelebungsprogramm für die Fliessgewässer.- Sonderdruck Nr. 1188 aus Gas - Wasser - Abwasser 89/11.

**DISTER, E. (1986):** Regeneration von Auwäldern im Zuge von Hochwasserschutzmassnahmen am Oberrhein - Möglichkeiten und Grenzen.- Mitt. Inst. f. Wasserbau und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe, H. 174: 187-194.

**DVWK (1984):** Merkblätter zur Wasserwirtschaft, Nr. 204: Oekologische Aspekte bei Ausbau und Unterhaltung von Fliessgewässern. DK 627.4: Gewässerausbau. DK 574: Oekologie. Kommissionsvertrieb, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.

**EIDG. VERKEHRS- UND ENERGIEWIRTSCHAFTSDEPARTEMENT, BUNDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1982):** Hochwasserschutz an Fliessgewässern, Wegleitung.- Bern.

**GÖLDI, CH., HOFMANN, A. & NIEDERER, H. (1989):** Naturnaher Wasserbau - Fliessgewässer als Lebensraum.- Gas-Wasser-Abwasser, 69: 369-380.

**GÖTZ, A. (1983):** Gewässerkorrekturen im Wandel der Zeit (Ueberblick).- in: BÖHLEN, B. (Hrs), 9. Internationale Fachmesse und Fachtagungen für Umweltschutz, Wasser, Abwasser, Abfall, Luft, Lärm, Pro Aqua, Basel.

**HESSISCHES MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, FORSTEN, NATURSCHUTZ (1985):** Naturnahe Gewässer in Hessen.- Wiesbaden, 52 S.

**JENNI, H.-P. (1990):** Problèmes juridiques concernant les biotopes protégés et notamment la végétation des rives selon la LPN et les lois voisines.- Cahier de l'environnement n° 126, OFEFP, Berne, 41 pp.

**KAUPA, H. (1986):** Natur- und landschaftsbezogener Wasserbau.- in: KEMMERLING, W., Wien: 16-49.

**KERN, K. (1986):** Ziele, Möglichkeiten und Grenzen naturnaher Gestaltung.- Mitt. Inst. f. Wasserbau und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe, H. 174: 1-14.

**KNÖLLER, K. (1986):** Naturnaher Ausbau des Goldbaches in Sindelfingen.- Mitt. Inst. f. Wasserbau und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe, H. 174: 195-208.

**LACHAT, B. (1991):** Le cours d'eau. Conservation, entretien et aménagement.- Conseil de l'Europe, Série aménagement et gestion n° 2, Strasbourg, 84 pp.

**LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ (1991):** Handbuch Wasser 2. Bauweisen des naturnahen Wasserbaus.- Zentraler Fachdienst Wasser - Abfall - Altlasten bei der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg. Ministerium für Umwelt.

**LANGE, G. & LECHER, K. (1989):** Gewässerregelung, Gewässerpflege. Naturnaher Ausbau und Unterhaltung von Fließgewässern.- Verlag Paul Parey, 301 pp.

**LARSEN, P. (HRSG.)(1986):** Naturnahe Umgestaltung ausgebauter Fließgewässer. Beiträge zum wasserbaulichen Kolloquium am 14. Februar 1986 in Karlsruhe.- Mitt. Inst. f. Wasserbau und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe, H. 174.

**LARSEN, P. (1986):** Probleme und Lösungsansätze der Wasserspiegelberechnung von naturnahen Fließgewässern.- Mitt. Inst. f. Wasserbau und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe, H. 174: 131-148.

**MAAG, C. (1989):** Gesundes Wasser in gesundem Bett.- Gas, Wasser, Abwasser, 11: 668-669.

**NEUMANN, H. (1979):** Auswirkungen wasserbaulicher Massnahmen auf die aquatischen Lebensgemeinschaften und das Selbstreinigungsvermögen von Fließgewässern.- Osnabr. Naturwiss. Mitt., 6: 123-161.

**NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM (Hrsg.), (1992):** Das Niedersächsische Fließgewässerprogramm.- Hannover, 23 pp.

**NIEMEYER-LÜLLWITZ, A. & ZUCCHI, H. (1985):** Fließgewässerkunde. Oekologie fließender Gewässer unter besonderer Berücksichtigung wasserbaulicher Eingriffe.- Studienbücher Biologie, Diesterweg, Sauerländer, 224 pp.

**OBERSTE BAUBEHÖRDE IM BAYERISCHEN STAATSMINISTERIUM DES INNERN (Hrsg.), (1989):** Flüsse und Bäche erhalten - entwickeln - gestalten.- Wasserwirtschaft in Bayern, Heft 21.

**PECHLANER, R. (1982):** Limnologie und naturnaher Schutzwasserbau.- Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, 127/4: 319-336.

**RADLER, S. (1986):** Wasserbau im Wandel.- in: KEMMERLING, W., Wien: 3-15.

**SCHEURMANN, K. (1986):** Störungen des morphologischen Gleichgewichtes von Flüssen durch menschliche Eingriffe.- Mitt. Inst. f. Wasserbau und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe, H. 174: 15-34.

**SCHLÜTER, U. (1977):** Ueberlegungen zum naturnahen Ausbau von Wasserläufen.- Landschaft und Stadt, 9, H. 2: 72-83.

**SCHÖBERL, F. (1989):** Hydraulisch-technische Entwurfsprinzipien von Wasserfassungen im alpinen Wasserkraftbau.- Oesterreichische Wasserwirtschaft 41: 56-73.

**SERVICE FEDERAL DES ROUTES ET DES DIGUES (1973):** Stabilisation végétale des cours d'eau.- Berne, 39 pp.

**STATZNER, B. (1986):** Fließwasserökologische Aspekte bei naturnaher Umgestaltung.- Mitt. Inst. f. Wasserbau und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe, H. 174: 55-96.

**TÖNSMANN, F. (1986):** Naturnahe Umgestaltung des Holzbaches/Westerwald.- Mitt. Inst. f. Wasserbau und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe, H. 174: 149-186.

**TRIER, H. (1972):** Vom technischen zum ökologischen Wasserbau.- Blätter f. Natur- und Umweltschutz, H. 1, 24, München.

**VISCHER, D. & HUBER, A. (1982):** Wasserbau. Hydrologische Grundlagen, Elemente des Wasserbaues, Nutz- und Schutzbauten an Binnengewässern.- Berlin, Heidelberg, New York.

**WERDER, R. (1989):** Ausgewählte Beispiele von wiederbelebten Fließgewässern. Dorfbach Hauptikon - Gemeinde Kappel am Albis.- Gas, Wasser, Abwasser, 11: 687-689.

**WILLI, H.P., GÖLDI, C. & KELLER, G. (1989):** Kanton Zürich: Wiederbelebungsprogramm für die Fließgewässer.- Gas, Wasser, Abwasser, 11: 670-686.

**WOLF, H. (1977):** Naturgemässer Gewässerbau, Erfahrungen und Beispiele Baden-Württemberg.- Veröff. Naturschutz und Landschaftspflege Band 46, Stuttgart.



# **ANHANG 2**

## **DIANE Publikationen**



## DIANE Publikationen / Publications DIANE

- **Elektrizität aus Trinkwasser-Systemen / L'Eau potable génératrice d'électricité**  
Inventar und Potentialerhebung / Inventaire et étude du potentiel  
Bestellnr. / No de commande EDMZ 805.752.d + f      Preis / Prix: Fr. 10.20 inkl. MWSt / incl. TVA
- **Nutzen statt Aufgeben**  
Modernisieren und reaktivieren von Klein-Wasserkraftwerken, Beurteilungskriterien.  
Bestellnummer EDMZ 805.173.d      Preis: Fr. 17.35 inkl. MWSt
- **Rénover au lieu d'abandonner**  
Modernisation et remise en service des petites centrales hydrauliques.  
No de commande EDMZ 805.173.f      Prix: Fr. 17.35 incl. TVA
- **Pico-Kraftwerke / Pico-centrales**  
Kleinste Wasserkraftwerke mit Eigenleistungen bauen. / Les toutes petites centrales à installer soi-même. 8 Beispiele im Detail / 8 exemples en détail.  
Bestellnr. / No de commande EDMZ 805.196.d + f      Preis / Prix: Fr. 31.60 inkl. MWSt / incl. TVA
- **Elektrizität aus Abwasser-Systemen / L'Eau usée génératrice d'électricité**      **(NEU)**  
Konzept, Realisation, Potential / Concept, réalisation, potentiel  
Bestellnummer / No de commande EDMZ 805.209.d + f      Preis / Prix: Fr. 16.20 inkl. MWSt / incl. TVA
- **L'Eau usée génératrice d'électricité**      **(NEU)**  
Dossier technique et étude du potentiel  
No de commande EDMZ 805.211.f      Prix: Fr. 22.-- incl. TVA
- **Energiebilanzen von Kleinwasserkraftwerken**      **(NEU)**  
Energierückzahldauer und Energieerntefaktor  
Bestellnummer EDMZ 805.760.d      Preis: ca. 14.--

Bezug / Commande:

Infoenergie Nordwestschweiz,  
c/o Nova Energie GmbH, Schachenstrasse 29, 5000 Aarau

Tel. 062 / 834 03 03  
Fax 062 / 834 03 23

SKAT; Fachstelle der Schweizerischen Entwicklungszusammenarbeit  
für Technologie-Management, Vadianstrasse 42, CH-9000 St. Gallen

Tel. 071 / 228 74 75  
Fax 071 / 228 75 45

---

### Bei der Projektleitung DIANE 10

c/o ITECO Ingenieurunternehmung AG, Postfach, 8910 Affoltern a/A      Tel. 01 / 762 18 18  
sind zudem zur Zeit **erhältlich**: (Selbstkostenpreise inkl. MWSt und Versandkosten)      Fax 01 / 762 18 15

- Portrait DIANE Klein-Wasserkraftwerke / Portrait Projet DIANE petites centrales hydrauliques /  
Ritratto Progetto DIANE piccole centrali idrauliche / Portrait DIANE Project Small Hydro  
(gratis / gratuit / gratuitamente / free)
- Gesamtkonzept DIANE Klein-Wasserkraftwerke (Fr. 50.00)
- Tagungsmappe zur aktuellen regionalen Fachtagung (Fr. 50.00)
- Kopiervorlagen zu "Nutzen statt Aufgeben" (Fr. 10.00)
- Folienset für Hellraumprojektor "Ökologie und Kleinwasserkraftwerke" (Fr. 130.-)

---

Publikationen in Bearbeitung / Publications en élaboration:

- "Dokumentation Trinkwasser-Kraftwerke", 1997
- "Ökonomie und Ökologie bei Erneuerung": Faltblatt 1997,
- Ökologie und Kleinwasserkraftwerke: Zwei Grundlagenberichte 1997
- "Kleinwasserkraftwerke und Umwelt", Gesamtschau, 1997
- "Kleinwasserkraftwerke", Praxishilfe / Vademecum, 1997